



Válvula de 3 vías para carga bolsones sobre camiones

Cristian Ramallo R-1943/7

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
Año 2023

Válvula de 3 vías para carga bolsones sobre camiones

■

Cristian Ramallo R-1943/7

Distribución de carga de fertilizantes de bolsones sobre camiones

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 2023

Cualquiera que deje de aprender es viejo, ya sea a los veinte u ochenta. Cualquier persona que sigue aprendiendo se mantiene joven.-

Henry Ford.

Agradecimientos

Culminar con esta etapa de mi vida, luego de un largo camino recorrido, no fue solo por mi esfuerzo sino por el apoyo y amor de toda mi familia. A ellos les agradezco cada día que dedicaron para que hoy culmine mi carrera.

Profesionalmente agradezco mis compañeros de trabajo, a la empresa donde estoy presente desde hace 16 años, quien acompañó mi crecimiento laboral y a cada uno de los Ingenieros y docentes de esta carrera que alimentaron mi conocimiento.

Gracias a mi hijo, mi mamá, mi papá, mi hermana, mis sobrinos, Jonathan y sobre todo a mi mujer Rosana, que fue el apoyo fundamental en esta última etapa.

Resumen

La producción de fertilizantes está destinada fundamentalmente al consumo interno y para uso agrícola, abasteciendo las principales regiones productoras tanto de cultivos extensivos como de intensivos, y en menor medida, exporta productos a países limítrofes.

Se produce en el país, fertilizantes nitrogenados, fosfatados, potásicos y azufrados, disponiendo así de los nutrientes que más se requieren para la producción nacional.

Los fertilizantes aumentan los rendimientos de los cultivos.

Los nutrientes que necesitan las plantas se toman del aire y del suelo. Si el suministro de nutrientes en el suelo es amplio, los cultivos crecerán mejor y producirán mayores rendimientos.

Existen varias maneras de recibir el fertilizante en los campos, una de ellas es la utilización de bolsas de 1000kgs, llamados Big Bag. Para ellos, una de las formas que se utilizan es la carga sobre camiones con transportes a cadena y conductos que permiten direccionar la carga a cada bolsón.

En este proyecto se analiza la optimización de tiempos de carga de bolsones big-bag sobre camiones desarrollando la construcción y cálculos de una válvula de carga de 3 vías al final de un transporte a cadena. De manera de disminuir los tiempos de carga e implementar una metodología mas segura para el operador.

Palabras clave: Fertilizantes; carga; big-bag; camiones; válvula.

Abstract

Fertilizer production is mainly intended for domestic consumption and for agricultural use, supplying the main producing regions of both extensive and intensive crops, and to a lesser extent, exports products to neighboring countries.

Nitrogenous, phosphate, potassium and sulfur fertilizers are produced in the country, thus providing the nutrients that are most required for national production.

Fertilizers increase crop yields.

The nutrients that plants need are taken from the air and soil. If the supply of nutrients in the soil is ample, crops will grow better and produce higher yields.

There are several ways to receive the fertilizers in the fields, one of them is the use of 1000kg bags, called Big Bag. For them, one of the ways they use is loading on trucks with chain conveyors and ducts that allow directing the load to each bag.

This project analyzes the optimization of loading times of big-bags on trucks, developing the construction and calculations of a 3-way loading valve at the end of a chain transport. In order to reduce loading times and implement a safer methodology for the operator.

Keywords: Fertilizers; burden; big bag; trucks; valve.

Contenido

Agradecimientos	4
Resumen	5
Abstract.....	6
Contenido	7
Introducción.....	8
Capítulo 1	9
Fertilizantes características y producción.....	9
1 Fundamento de la necesidad de fertilizantes.	14
(fertilizantes)	14
2 Los nutrientes, sus funciones en las plantas.	15
3 Mercado de producción de fertilizantes	19
(fertilizantes)	19
4 Producción nacional	20
Capítulo 2.....	31
Proceso de carga de big bag sobre camiones. (S.A, 2013)	31
Capítulo 3.....	41
Cálculos y dimensionamiento de válvula	41
Capítulo 4.....	54
Conclusiones y recomendaciones	54
Conclusiones	54
Recomendaciones.....	54
Bibliografía.....	55
Anexo A: Planos Válvula 3 vías	56

Introducción

Además del carbono, el hidrógeno y el oxígeno, que obtienen de la atmósfera y el agua, las plantas necesitan numerosos nutrientes esenciales para su crecimiento y salud, que los fertilizantes aportan:

El nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K) son los nutrientes principales de los fertilizantes comerciales.

Otros nutrientes para las plantas son azufre (S), magnesio (Mg), calcio (Ca), zinc (Zn), hierro (Fe), boro (B), manganeso (Mn), cobre (Cu), molibdeno (Mo), cloro (Cl), níquel (Ni), yodo (I). Algunas especies de plantas requieren nutrientes adicionales para las plantas, por ejemplo, sodio (Na) y cobalto (Co).

El fertilizante mineral juega un papel esencial en nuestros sistemas alimentarios: aumenta el volumen de alimentos que se pueden cultivar en una cantidad fija de tierra.

Aproximadamente la mitad de los alimentos que comemos hoy en día se han producido gracias a los fertilizantes minerales.

Con el propósito de garantizar la entrega de fertilizantes a los productores de manera eficiente y controlada, nos enfocamos en disminuir los tiempos de carga en bolsones de 1000kgs sobre camiones se propone:

- A través de una válvula clapeta de 3 vías se podrán cargar 3 bolsones de manera segura para los operadores sin movilizar el camión.
- Todos los procesos serán monitoreados y controlados por operadores desde una sala de control mediante un PLC.
- Sobre los camiones habrá operador que guíen la carga dentro de los bolsones.

Capítulo 1

Fertilizantes características y producción

Al igual que con los humanos, si no obtienen suficiente cantidad de estos nutrientes, puede afectar seriamente su salud. Asegurar una nutrición adecuada de las plantas mediante el uso de fertilizantes (orgánicos y minerales) para complementar los nutrientes ya disponibles en el suelo es esencial para la salud de las plantas.

Presentamos aquí los beneficios para la salud de los 14 nutrientes esenciales para las plantas (que, además, mejoran el rendimiento de los cultivos):

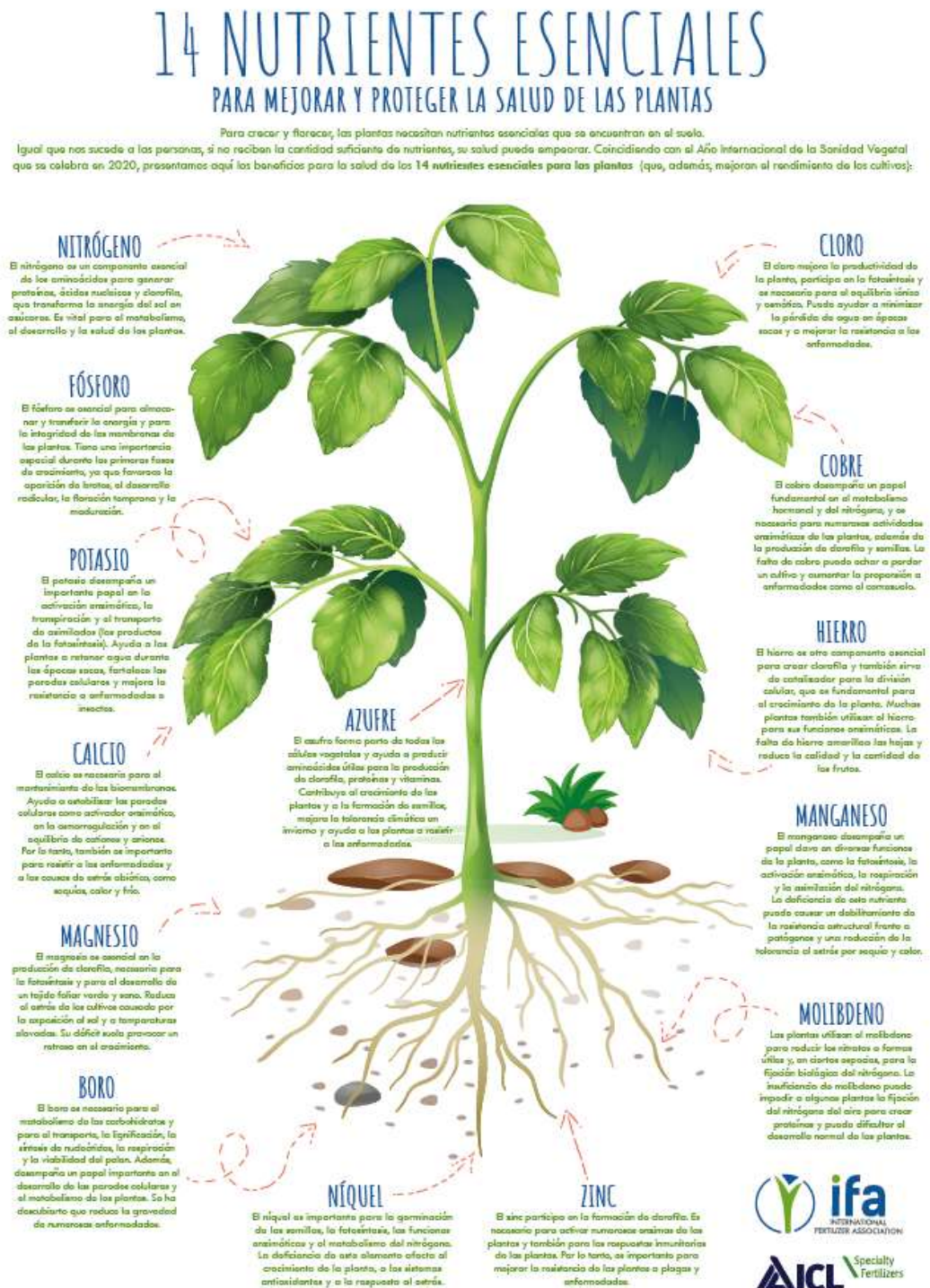


Figura 1-1: Imagen planta de soja con fertilizantes

SILICIO

El silicio aumenta el vigor de la planta y mejora la tolerancia a estreses abióticos como la sequía, la salinidad o los metales pesados. Mejora la fuerza y la estructura de las paredes celulares de las plantas, aumentando la resistencia a las enfermedades de las plantas y las plagas de insectos. Una buena nutrición del silicio estimula la fotosíntesis y mejora la producción de granos.

BORO El boro es necesario para la síntesis de la pared celular y la expansión celular. Deficiencia de boro interrumpe el crecimiento reproductivo, dispersa y crecimiento de raíces y viabilidad del polen y por lo tanto influye en el conjunto de semillas y producir. La falta de boro puede resultar en hojas deformadas y de mala calidad de producto cosechado.

CALCIO

El calcio es necesario para el mantenimiento de la biomembrana. Ayuda en la pared celular.

estabilización como activador enzimático, en la osmorregulación y en el equilibrio catiónico-aniónico y, por lo tanto, también desempeña un papel importante en la resistencia a enfermedades y estrés abiótico como la sequía, calor y frío.

COBRE

El cobre juega un papel clave en el metabolismo del nitrógeno y las hormonas y es necesario para muchas actividades enzimáticas en las plantas, así como para la producción de clorofila y semillas. Las deficiencias pueden provocar la pérdida de cosechas y una mayor susceptibilidad a enfermedades como el cornezuelo de centeno.

COBALTO

El cobalto es un componente esencial de algunas enzimas y coenzimas que pueden afectar el crecimiento y metabolismo de las plantas. También es necesario para la fijación de nitrógeno (N) que se produce dentro de los nódulos de las leguminosas. El cobalto puede aumentar la tolerancia a la sequía de las semillas y reducir el estrés de las plantas.

FOSFORO

El fósforo es vital para el almacenamiento y la transferencia de energía y la integridad de las membranas en las plantas. Particularmente importante en las primeras etapas de crecimiento, desarrollo de raíces, floración temprana y maduración.

MAGNESIO

El magnesio es fundamental para la producción de clorofila, que es necesaria para la fotosíntesis y el tejido sano de las hojas verdes. Reduce el estrés de los cultivos causado

por exposición al sol y alta temperaturas, mientras que un déficit a menudo puede causar retraso en el crecimiento.

POTASIO

El potasio tiene funciones importantes en

activación enzimática, transpiración y transporte de asimilados (el

productos de la fotosíntesis). Ayuda a las plantas a retener agua durante las sequías, fortalece las paredes celulares de las plantas y disminuye la susceptibilidad a enfermedades e insectos.

NITROGENO

El nitrógeno es un componente esencial de

aminoácidos para la construcción de proteínas, ácidos nucleicos y clorofila que convierte la energía del sol en azúcares. Es vital para

metabolismo, crecimiento y salud de las plantas.

AZUFRE

El azufre es parte integral de todas las células vegetales vivas y ayuda a producir aminoácidos involucrados en la producción de clorofila, proteínas y vitaminas. Contribuye al crecimiento de las plantas y la formación de semillas, mejora la resistencia al invierno y ayuda a las plantas a resistir las enfermedades.

ZINC

El zinc participa en la clorofila

formación, es necesaria para activar muchas enzimas en las plantas y es necesaria para las respuestas inmunitarias de las plantas. Como se vio es importante para aumentar en la planta resistencia a enfermedades y plagas

MOLIBDENO

El molibdeno es utilizado por las plantas para reducir los nitratos en formas utilizables

y para la fijación biológica de nitrógeno por ciertas especies. Insuficiente molibdeno significa algunas plantas no puede fijar nitrógeno del aire a producen proteínas y pueden obstaculizar crecimiento normal de la planta.

MANGANESO

El manganeso juega un papel clave en una variedad de funciones de las plantas, incluida la fotosíntesis, la activación de enzimas, la respiración y la asimilación de nitrógeno. Las deficiencias pueden causar una resistencia estructural más débil contra los patógenos y una menor tolerancia a la sequía y el estrés por calor.

HIERRO

El hierro es otro componente esencial para la creación de clorofila y también sirve como catalizador de la división celular que es fundamental para el crecimiento de las plantas. Muchas plantas también usan hierro para sus funciones enzimáticas. La falta de hierro produce hojas amarillentas y mala calidad y cantidad de frutos.

EL SODIO

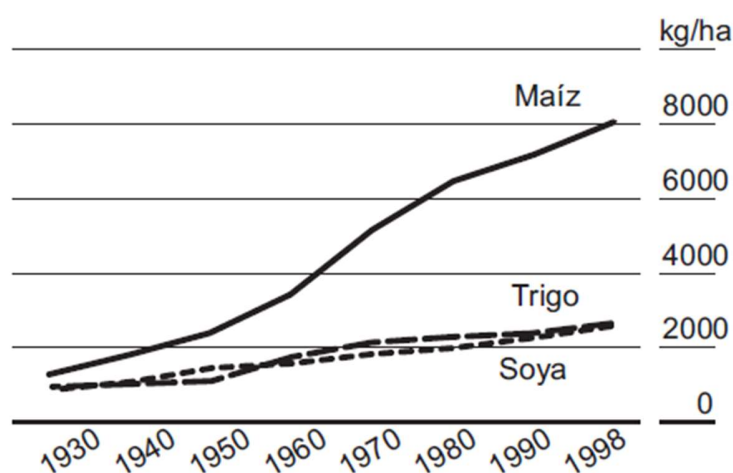
El sodio es esencial para transportar CO₂ durante la fotosíntesis para un número limitado de plantas para otras especies de plantas, porque es químicamente y estructuralmente muy similar a potasio, también puede cumplir muchos de los roles desempeñados por potasio, incluidos los metabólicos.

1 Fundamento de la necesidad de fertilizantes.

(fertilizantes)

Los nutrientes que necesitan las plantas se toman del aire y del suelo. Esta publicación trata solamente los nutrientes absorbidos del suelo. Si el suministro de nutrientes en el suelo es amplio, los cultivos probablemente crecerán mejor y producirán mayores rendimientos. Sin embargo, si aún uno solo de los nutrientes necesarios es escaso, el crecimiento de las plantas es limitado y los rendimientos de los cultivos son reducidos. En consecuencia, a fin de obtener altos rendimientos, los fertilizantes son necesarios para proveer a los cultivos con los nutrientes del suelo que están faltando. Con los fertilizantes, los rendimientos de los cultivos pueden a menudo duplicarse o más aún triplicarse (Figura 1)

FIGURA 1. Rendimientos de cultivos en los Estados Unidos de América, de 1930 a 1998

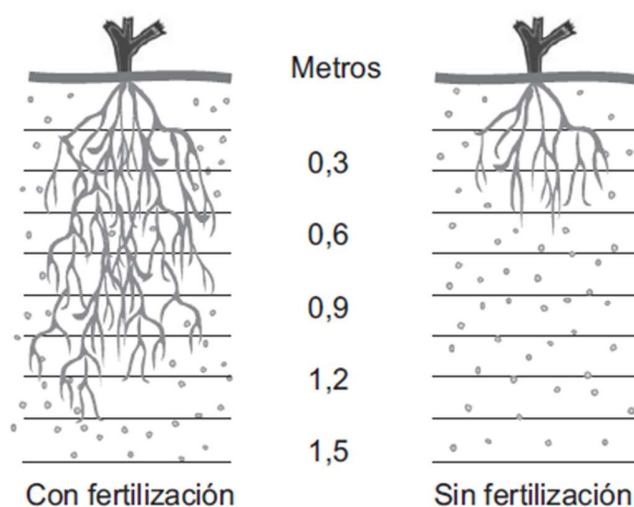


Los resultados de miles de demostraciones y de ensayos llevados a cabo en las fincas de los agricultores bajo el primer Programa de Fertilizantes de la FAO, que cubrió un período de 25 años en 40 países, mostró que el aumento promedio ponderado del mejor tratamiento de fertilizantes para ensayos de trigo era alrededor del 60 por ciento. El aumento de los rendimientos variaba, por supuesto, de acuerdo con la región (por ejemplo, debido a la falta de humedad), cultivo y país.

La eficiencia de los fertilizantes y la respuesta de los rendimientos en un suelo particular puede ser fácilmente analizada agregando diferentes cantidades de fertilizantes en parcelas adyacentes, midiendo y comparando los rendimientos de los cultivos consecuentemente (ver Capítulo 12). Tales ensayos mostrarán también otro efecto muy importante del empleo de fertilizantes, a saber, que ellos aseguran el uso más eficaz de la tierra, y especialmente del agua. Estas son consideraciones muy importantes cuando las lluvias son escasas o los cultivos tienen que ser irrigados, en cuyo caso el rendimiento por unidad de agua usada puede ser más que duplicado. La profundidad de las raíces del cultivo puede ser aumentada (Figura 2).

FIGURA 2. Profundidad de las raíces de las plantas con y sin fertilización

En suelos de baja fertilidad, los fertilizantes aumentarán la profundidad a la cual las raíces crecen.



2 Los nutrientes, sus funciones en las plantas.

LOS NUTRIENTES NECESARIOS PARA EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

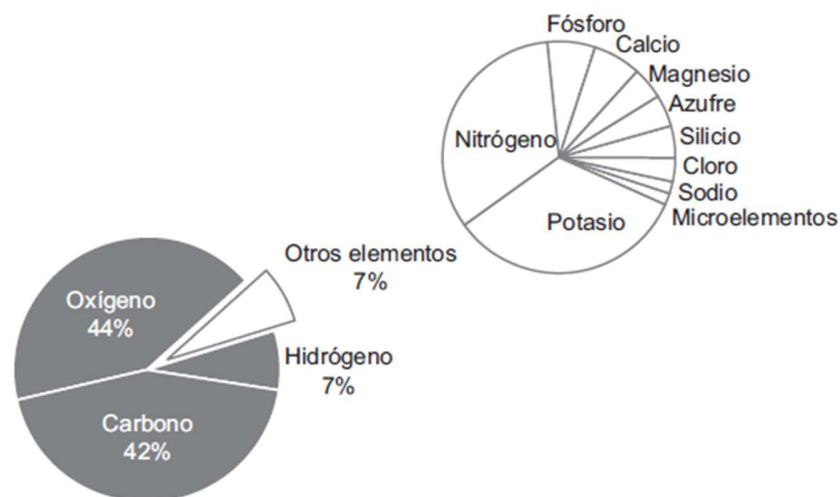
Dieciséis elementos son esenciales para el crecimiento de una gran mayoría de plantas y éstos provienen del aire y del suelo circundante. En el suelo, el medio de transporte es la solución del suelo.

Los elementos siguientes son derivados:

- a. del aire: carbono (C) como CO₂ (dióxido de carbono);
- b. del agua: hidrógeno (H) y oxígeno (O) como H₂O (agua);
- c. del suelo, el fertilizante y abono animal: nitrógeno (N) – las plantas leguminosas obtienen el nitrógeno del aire con la ayuda de bacterias que viven en los nódulos de las raíces.

Estos nutrientes y sus porcentuales promedios en la sustancia seca de la planta son mostrados en la Figura 3.

FIGURA 3. Composición elemental promedio de las plantas



Otros elementos químicos son tomados en cuenta. Estos pueden ser nutrientes beneficiosos para algunas plantas, pero no esenciales para el crecimiento de todas.

Los fertilizantes, abonos o residuos de cultivos aplicados al suelo aumentan la oferta de nutrientes de las plantas. Las cantidades de nutrientes primarios necesarios para los cultivos principales.

LAS FUNCIONES DE LOS NUTRIENTES

Aparte del carbono (C), que será discutido bajo el título «Fotosíntesis», la planta coge todos los nutrientes de la solución del suelo. Estos se dividen en dos categorías (clasificación cuantitativa):

- a. macronutrientes, divididos en nutrientes primarios y secundarios;
- b. micronutrientes o microelementos.

Los macronutrientes se necesitan en grandes cantidades, y grandes cantidades tienen que ser aplicadas si el suelo es deficiente en uno o más de ellos. Los suelos pueden ser naturalmente pobres en nutrientes, o pueden llegar a ser deficientes debido a la extracción de los nutrientes por los cultivos a lo largo de los años, o cuando se utilizan variedades de rendimientos altos, las cuales son más demandantes en nutrientes que las variedades locales.

En contraste a los macronutrientes, los micronutrientes o microelementos son requeridos sólo en cantidades ínfimas para el crecimiento correcto de las plantas y tienen que ser agregados en cantidades muy pequeñas cuando no pueden ser provistos por el suelo.

Dentro del grupo de los macronutrientes, necesarios para el crecimiento de las plantas en grandes cantidades, los nutrientes primarios son nitrógeno, fósforo y potasio.

El Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes.

El Fósforo (P), que suple de 0,1 a 0,4 por ciento del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde la fijación limita su disponibilidad.

El Potasio (K), que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega

un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades.

Los nutrientes secundarios son magnesio, azufre y calcio.

Las plantas también los absorben en cantidades considerables.

El Magnesio (Mg) es el constituyente central de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un aceptador de la energía provista por el sol; por ello, del 15 al 20 por ciento del magnesio contenido en la planta se encuentra en las partes verdes. El Mg se incluye también en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de la planta.

El Azufre (S) es un constituyente esencial de proteínas y también está involucrado en la formación de la clorofila. En la mayoría de las plantas suple del 0,2 al 0,3 (0,05 a 0,5) por ciento del extracto seco. Por ello, es tan importante en el crecimiento de la planta como el fósforo y el magnesio; pero su función es a menudo subestimada.

El Calcio (Ca) es esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas.

Aunque la mayoría de los suelos contienen suficiente disponibilidad de Ca para las plantas, la deficiencia puede darse en los suelos tropicales muy pobres en Ca. Sin embargo, el objetivo de la aplicación de Ca es usualmente el del encalado, es decir reducir la acidez del suelo.

Los micronutrientes o microelementos son el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el zinc (Zn), el cobre (Cu), el molibdeno (Mo), el cloro (Cl) y el boro (B). Ellos son parte de sustancias claves en el crecimiento de la planta, siendo comparables con las vitaminas en la nutrición humana. Son absorbidos en cantidades minúsculas, su rango de provisión óptima es muy pequeño. Su disponibilidad en las plantas depende principalmente de la reacción del suelo. El suministro en exceso de boro puede tener un efecto adverso en la cosecha subsiguiente.

Algunos nutrientes benéficos importantes para algunas plantas son el Sodio (Na), por ejemplo, para la remolacha azucarera, y el Silicio (Si), por ejemplo, para las cereales, fortaleciendo su tallo para resistir el vuelco. El Cobalto (Co) es importante en el proceso de fijación de N de las leguminosas.

Algunos microelementos pueden ser tóxicos para las plantas a niveles sólo algo más elevados que lo normal. En la mayoría de los casos esto ocurre cuando el pH es de bajo a muy bajo. La toxicidad del aluminio y del manganeso es la más frecuente, en relación directa con suelos ácidos.

Es importante notar que todos los nutrientes, ya sean necesarios en pequeñas o grandes cantidades, cumplen una función específica en el crecimiento de la planta y en la producción alimentaria, y que un nutriente no puede ser sustituido por otro.

3 Mercado de producción de fertilizantes.

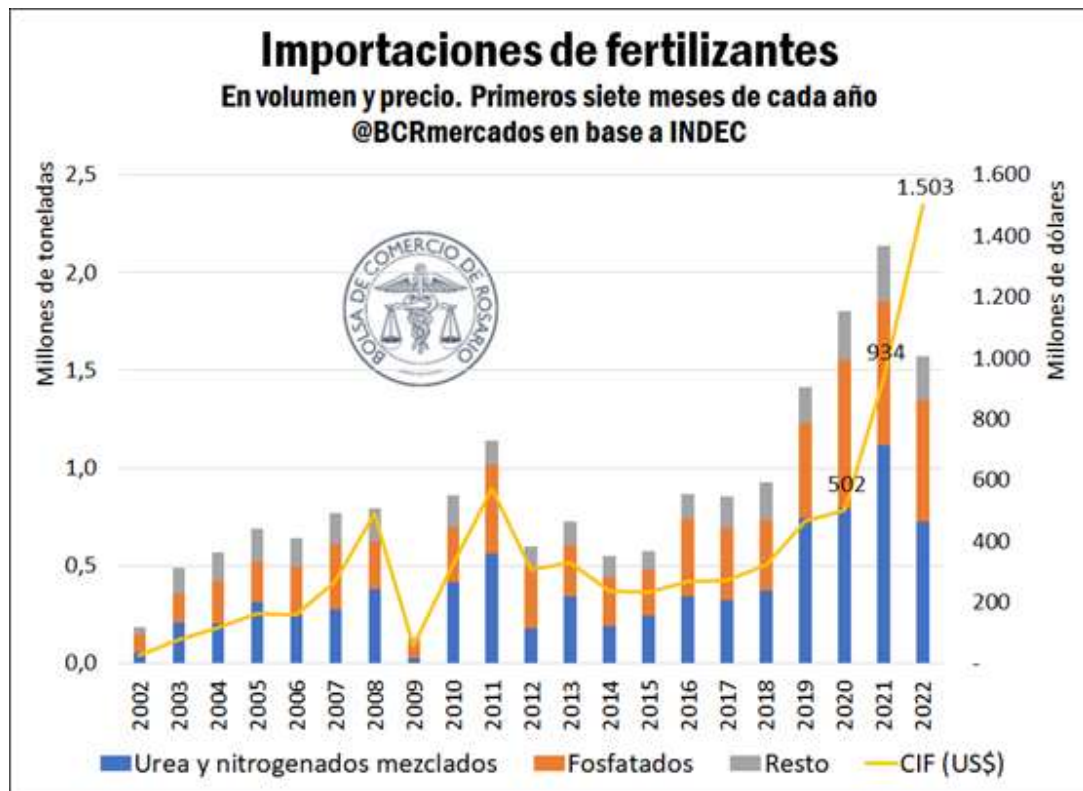
(fertilizantes)

En grandes cifras, en 2020 Argentina consumió 5,3 millones de toneladas de fertilizantes, de los cuales 56% eran fertilizantes nitrogenados, 38% fosfatados y 6% azufrados, representando los tres principales cultivos (maíz, trigo y soja) el 72% de toda la utilización (ReTAA - Bolsa de Cereales, 2022); Fertilizar 2022). Y aproximadamente el 65% de estos fertilizantes utilizados son importados, siendo China, Egipto, Marruecos y EE.UU. los principales proveedores.

El 35% restante del consumo de fertilizantes en Argentina proviene de la producción de la industria nacional. Dentro de la industria doméstica hay una importante consolidación del mercado, con las diez principales empresas representando el 75% de la cuota de mercado total, concentradas fuertemente en la producción de fertilizantes basados en nitrógeno.

En los últimos años, la industria nacional ha experimentado un crecimiento notable. Desde el año 2000, el consumo de fertilizantes producidos en el país ha aumentado un 650%, lo que relativiza el aumento del 90% en el consumo de fertilizantes importados durante el mismo período.

| rendimientos a pesar de las bajas tasas de fertilización. En segundo, las políticas de derechos y restricciones a las exportaciones de granos reducen el precio recibido por el productor y distorsionan los precios relativos, afectando negativamente las relaciones insumo-producto. Otro factor, de tipo institucional, es la prevalencia de arrendamientos anuales de tierras agrícolas que reducirían los incentivos para invertir en fertilización y reposición de nutrientes.



4 Producción nacional

(Duggan-Consultores)

FERTILIZANTES SOLIDOS

Los fertilizantes sólidos pueden clasificarse en:

- a) fertilizantes simples
- b) mezclas físicas (blends)

a) Fertilizantes sólidos simples:

Los productos que presentan un solo elemento esencial (nutriente) son denominados mono elemento tales como la urea (46 % N). Aquellos que poseen dos elementos esenciales se consideran como “binarios” como por ejemplo el fosfato diamónico (18 % N y 20 % P). Los fertilizantes sólidos poseen características particulares que los identifican y condicionan su uso. El conocimiento de dichas características es fundamental para el manejo adecuado de estos

productos, razón por la cual tal información debe ser provista por el fabricante o distribuidor de una forma clara y accesible. Las propiedades que permiten caracterizar a los fertilizantes simples son:

Propiedades químicas	Propiedades físicas
Grado y grado equivalente	Tamaño de partícula (granulometría)
Pureza	Solubilidad
Índice de acidez	Higroscopicidad
Índice salino	Tendencia al "caking"(endurecimiento)
	Dureza del gránulo

Grado y Grado equivalente

El grado se define como el porcentaje en peso de los elementos de los componentes primarios (N-P-K en ese orden) del fertilizante. Los elementos secundarios se indican a continuación. Sin embargo, por tradición y costumbre es más utilizado el "grado equivalente", en el cual el P y el K están expresados como P205 y K20.

Producto	Grado equivalente
Urea	46-0-0
Nitrato de amonio	32,34-0-0
Nitrato de amonio calcáreo (CAN)	27-0-0
Sulfato de amonio	21-0-0 (21 % S)
Sulfonitrato de amonio	26-0-0 (12 % S)
Fosfato diamónico (DAP)	18-46-0
Fosfato monoamónico (MAP)	11-52-0
Roca fosfórica	0-29-0
Superfosfato simple (SPS)	0-21-0
Superfosfato triple (SPT)	0-46-0
Cloruro de potasio	0-0-60
Nitrato de potasio	13-0-44
Sulfato de potasio	0-0-50 (18 % S)
Sulfato de potasio y magnesio (SULPOMAG)	0-0-22 (22 % S; 11 % Mg)
Azufre elemental (S ⁰)	80-90 % S
Sulfato de calcio dihidratado (Yeso agrícola)	17 % S , 22 % Ca

Tabla 2. Grados equivalentes de los fertilizantes sólidos más difundidos.

Pureza

La pureza es un atributo importante en minerales de uso agrícola. En estos materiales, la variabilidad en la pureza mineralógica determina cambios en los contenidos de nutrientes, que son menos frecuentes en fertilizantes de síntesis.

Relevamientos realizados en la Argentina por Ponce y Torres Duggan (2005) sobre muestras de yeso ofrecidas en el mercado local, indican una considerable variabilidad en su pureza y contenido de S (Tabla3).

Tabla 3. Pureza y contenido de S en muestras de yeso. Adaptado de Ponce & Torres Duggan (2005)

Origen	CaSO ₄ · 2H ₂ O %	S %
Catamarca	85.3	15.8
Entre Ríos	73.9	13.7
Mendoza	91.3	16.9

Tabla 3. Pureza y contenido de S en muestras de yeso.

En los últimos años se han realizado avances en la definición de criterios de calidad de algunos minerales, sobre todo yeso y carbonatos. Actualmente, se dispone de normas IRAM que pueden ser utilizadas como referencia (Ponce y Torres Duggan, 2005; Ponce y Gambaudo, 2005). Para las rocas fosfóricas, no se dispone de estándares de calidad, posiblemente debido a que esta fuente no está difundida en Argentina.

Índice de acidez

Es el número de partes en peso de carbonato de calcio necesarias para neutralizar la acidez contenida en 100 partes en peso del fertilizante. En la Figura 2 se presentan los índices de acidez de los principales fertilizantes nitrogenados por 100 kg de producto y por kg de N.

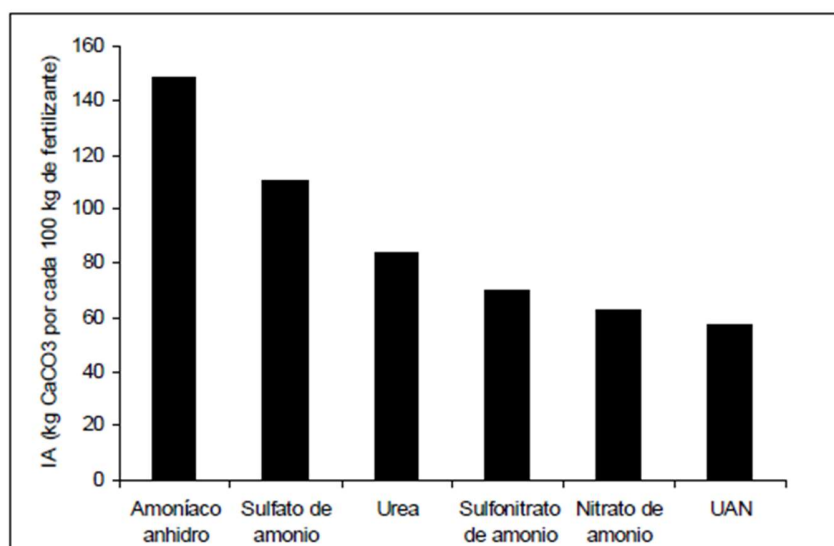


Figura 2: Índices de acidez (IA) de los principales fertilizantes nitrogenados (expresados en kg de CaCO₃ por cada 100 kg de fertilizante).

Si se consideran los kg de CaCO_3 que neutralizan 1 kg de N del fertilizante nitrogenado, por ejemplo, se obtiene el valor de 3,5 kg. Este valor es utilizado por la industria como una constante para todos los fertilizantes, a pesar de que la incidencia de la aplicación de los fertilizantes nitrogenados sobre el pH del suelo depende de varios factores que a veces interactúan entre sí. Entre los más importantes se mencionan, además del efecto rizosférico, el ion acompañante del N, el tipo de cultivo fertilizado (mono o dicotiledónea) y dosis de producto aplicados (Tabla 4).

Cultivo	Rend (kg ha ⁻¹)	Aniones S+Cl+P+Si equiv de CaCO ₃	Cationes K+Ca+Mg+Na equiv de CaCO ₃	Acidez neta (C-A)
Monocotiledónea	4000	106	177	71
Monocotiledónea	6000	159	329	170
Dicotiledónea	6000	126	616	490
Dicotiledónea	4000	114	288	174

Tabla 4. Acidez teórica que producen los fertilizantes aplicados a diferentes cultivos (adaptado de Wallace, 1994).

La acidez neta que se produce en el suelo tiende a ser mayor cuando se cultivan dicotiledóneas respecto de las monocotiledóneas. Las dicotiledóneas absorben mayor proporción de cationes y deben liberar protones para mantener el equilibrio electrónico, acidificando el suelo. Este efecto se ve aumentado cuando las dosis de fertilización se incrementan. Rodríguez et al. (1999) observaron en condiciones de campo que la aplicación de sulfato de amonio al maíz redujo el pH significativamente respecto de los tratamientos testigo y nitrato de amonio calcáreo.

Tamaño de partícula (granulometría)

Las dos formas más comunes de presentación de los fertilizantes sólidos son granulados y cristalinos. Estos últimos, también se denominan fertilizantes cristalino-solubles o hidro-solubles siendo utilizados principalmente en cultivos intensivos por su elevada pureza y solubilidad en agua (fertiirrigación).

La legislación vigente en la Argentina establece los siguientes requisitos para los fertilizantes granulados: “todas las mezclas físicas granuladas y los fertilizantes complejos (ternarios o binarios) que ingresen o se comercialicen en el país, deberán cumplir con los siguientes parámetros de calidad física: el ochenta por ciento (80%) de la misma queda retenida en tres tamices consecutivos (Norma ASTM). No sobrepasar el dos por ciento (2%) de polvo (no retenido en malla ASTM 20) y como máximo el uno coma cinco por ciento (1.5%) retenido en malla ASTM 4” (Resolución

N°273/95, artículo primero). Las mallas ASTM 20 y ASTM 4 corresponden a tamaños de abertura de 0,841 y 4,7 mm, respectivamente. Así, por ejemplo, un producto que cumpla con las tolerancias de polvo y partículas más grandes presentará proporciones variables de tamaño de partícula, pero dentro del rango de 1 a 4 mm (Torres Duggan, 2007).

En los últimos años se difundieron en la Argentina algunos minerales pelleteados como yesos, carbonatos y en algunas fuentes que contienen azufre elemental. En la literatura especializada en fertilizantes, el proceso de pelleteado también se lo denomina granulación. La granulación o pelleteado es el proceso de conversión de fertilizantes con tamaño de partículas pequeñas (e.g. <0,8-1 mm) a gránulos cuyo diámetro varía entre 1 a 5 mm (Gowariker et al. 2009). En el caso de los yesos, la normativa vigente definió las siguientes formas de presentación de yeso, que pueden extenderse a otros agro-minerales.

La forma de presentación como sólido-granulado se aplica a los minerales que luego de la extracción del recurso (yacimiento o manifestación) son triturados, zarandeados y tamañados a un determinado rango de granulometría (e.g. 1 a 4 mm).

La presentación en forma granulada o pelleteada, corresponde a los productos resultantes de la aglomeración o granulación de materiales finos obteniendo gránulos esféricos. Para este proceso se utilizan diferentes equipos (e.g. disco pelletizador, tambor aglomerador, etc.). En el proceso se utiliza aglomerantes (lignosulfonato de sodio, carboximetilcelulosa, etc.). La cantidad de aglomerante representa un aspecto muy relevante del proceso de pelleteado, ya que cantidades insuficientes de ligante pueden determinar gránulos con baja dureza. Una baja dureza y resistencia a la rotura puede generar aumentos excesivos en la cantidad de polvo, aspecto poco deseable tanto para la elaboración de mezclas físicas como para el manipuleo y/o aplicación a campo. La presentación en polvo corresponde a partículas finas, en general menor de 0,8-1 mm. La principal ventaja del yeso pelleteado se vincularía con su mejor comportamiento físico durante el procesamiento, distribución y aplicación. El yeso en polvo, en general, es utilizado en corrección de suelos sódicos (enmienda) (Ponce y Torres Duggan, 2005).

Si bien en el mercado en general se comercializan fuentes con rangos granulométricos entre 2-4 mm, puede haber algunas diferencias entre fertilizantes y/o lotes de producto. Estas diferencias pueden tener implicancias para la formulación (e.g. en confección de mezclas físicas a pedido) y/o para el manipuleo y aplicación a campo (e.g. exceso de polvo). Por ello, el análisis de la granulometría puede ser útil para evaluar la calidad de fertilizantes granulados. En la Tabla 6 se

presentan los porcentajes de partículas retenidas en diferentes tamices para los fertilizantes de uso frecuente.

Dureza del gránulo

Es la presión que se debe aplicarse para romper los gránulos o perlas. En la Tabla 7 se muestran los valores de dureza para algunos fertilizantes de uso habitual.

Fertilizante	Dureza (kggránulo ⁻¹)
Urea perlada	0,8-1,2
Urea granulada	1,5-3,5
Sulfato de amonio	1,5-2,5
Fosfato diamónico	3,0-5,0
Fosfato monoamónico	2,0-3,0
Superfosfato triple	4,5-8,0

Tabla 7. Valores de dureza (resistencia mecánica) de los fertilizantes más comunes
(Adaptado de Fertilizer Manual, 1998).

Existen diferencias importantes en la dureza de los diferentes fertilizantes. Dichas diferencias se deben a la formulación y al diámetro de la partícula. En cuanto a la formulación, los procesos de síntesis y también el origen del material pueden determinar diferencias en la dureza de los gránulos y por lo tanto en la tendencia a la formación de polvo. Los fertilizantes pelleteados son un caso particular ya que la resistencia mecánica puede variar considerablemente según la calidad del proceso de granulación (e.g. cantidad de agente aglomerante utilizado). En agro-minerales muy poco solubles en agua como carbonatos o azufre elemental, la dureza debe ser cuidadosamente regulada, evitando valores bajos o muy altos de resistencia mecánica. Valores muy bajos pueden propender a la generación de polvo, mientras que valores de dureza extremadamente altas pueden reducir la velocidad de disolución del fertilizante en el suelo.

Con respecto a la incidencia del diámetro de la partícula en la dureza se ha establecido que cuanto menor es el diámetro, mayor es su dureza siendo los gránulos más duros que las perlas. En general se utiliza el rango granulométrico de 2,36-2,80 mm para realizar los test de dureza. La experiencia indica que gránulos con durezas menores a 1,5 se romperán con facilidad y generarán polvo. Durezas entre 1,5-2,5 kg son adecuadas tomando algunas precauciones de manipuleo mientras que partículas con durezas mayores a 2,5 kg, son deseables (Fertilizer Manual, 1998). El principal problema asociado con fertilizantes de baja dureza es la generación de polvo durante el transporte, fraccionamiento, manipuleo y aplicación.

b) Mezclas físicas secas (blends)

Las mezclas físicas (o mezclas físicas secas) son uno de los tipos de fertilizantes más difundidos alrededor del mundo. Dicha difusión se basa en que es posible satisfacer en forma precisa y simultánea los requerimientos de varios nutrientes e incluso micronutrientes constituyendo así una alternativa económica y eficiente. Las empresas proveen a los productores mezclas preparadas o formulan en forma personalizada la mezcla adecuada para cada lote y/o cultivo previa recomendación del técnico, análisis de suelo mediante (mezclas a pedido).

Las mezclas físicas o mezclas físicas secas son fertilizantes que aportan dos o más nutrientes primarios obtenidos a partir de la mezcla mecánica de dos o más productos que no sean químicamente reactivos o que reaccionen en forma mínima (Fertilizer Manual, 1998). Los principales fertilizantes simples utilizados como ingredientes de mezclas físicas son la urea granulada (fuente de nitrógeno), los fosfatos de amonio y los superfosfatos (fuentes de fósforo). Las fuentes de azufre que se utilizan son sulfato de amonio, superfosfato simple, sulpomag (sulfato doble de potasio y magnesio) y yeso mientras que los requerimientos de potasio pueden cubrirse con sulpomag, sulfato de potasio o cloruro de potasio.

Calidad de fertilizantes sólidos granulados y mezclas físicas secas

La calidad, desde el punto de vista intrínseco del fertilizante, está determinada fundamentalmente por sus propiedades químicas y físicas. Las propiedades químicas indican el contenido de nutrientes, forma y disponibilidad para los cultivos.

Estas propiedades se vinculan muy directamente con la respuesta agronómica de los fertilizantes. Las propiedades físicas también son importantes para garantizar la respuesta del cultivo, pero inciden principalmente en el procesamiento, manipuleo, almacenamiento y aplicación (Fertilizer Manual, 1998).

Desde la perspectiva del usuario final (quien tiene que decidir la compra del fertilizante) y en un sentido amplio de calidad, la elección del producto debe basarse en el conocimiento de los diferentes atributos. Algunos de estos son:

- Precio por tonelada y por unidad de nutriente
- Disponibilidad del producto
- Condiciones comerciales
- Presentación física y facilidad de aplicación
- Servicios adicionales ofrecidos por proveedor

En la Tabla 8 se resumen las principales propiedades y valores de referencia a tener en cuenta para evaluar la calidad de fertilizantes granulados.

Tabla 8. Propiedades y valores de referencia utilizados en la evaluación de la calidad de los fertilizantes granulados. Elaborado en base a Fertilizer Manual (1998), Torres Duggan (2007) y Gowariker et al. (2009)

Propiedad	Valor de referencia
Granulometría	2-4 mm o 1-5 mm
Polvo (gránulos $\leq 0,84$ mm)	$\leq 2\%$ (1)
Gránulos ≥ 4 mm	$\leq 1,5\%$ (1)
Humedad	$\leq 0,5\%$ (fertilizantes nitrogenados) $\leq 0,5-1\%$ (mezclas)
Dureza (resistencia mecánica)	$\geq 2,5$ kg/gránulo

(1) valores de referencia para mezclas físicas.

Propiedades y formulación de mezclas físicas

Los principales aspectos que se tienen en cuenta para la formulación de mezclas físicas son las compatibilidades química y física de los fertilizantes utilizados como ingredientes o materias primas.

La compatibilidad química se refiere a la aptitud de los fertilizantes para integrar la mezcla sin reaccionar entre sí, variar su composición o alterar las propiedades físicas de la mezcla. Esta compatibilidad se relaciona con aspectos intrínsecos de las fuentes (e.g. su composición química) y también con interacciones fisicoquímicas (e.g. variaciones en la higroscopicidad cuando se mezclan los fertilizantes).

El primer paso en la elaboración de una mezcla física de fertilizantes de buena calidad es la elección de ingredientes que sean químicamente compatibles.

Afortunadamente, son pocas las combinaciones de fertilizantes que generen complicaciones al respecto. La única combinación completamente incompatible es la del nitrato de amonio con la urea ya que al mezclarse se produce agua por el proceso de deliquesencia. Esto se evidencia por medio del descenso del HRC a 18 %, valor considerado muy bajo.

Existen compatibilidades limitadas, como la que se establece entre la urea y los superfosfatos o entre el fosfato diamónico y los superfosfatos. La categoría de limitada no implica que no se realicen mezclas de estas fuentes, de hecho, son muy frecuentes, sino que pueden presentarse procesos de deterioro, en determinadas condiciones. La mezcla de urea con superfosfato triple o

simple genera reacciones químicas que liberan agua (proveniente del agua de hidratación del fosfato monocálcico presente en los superfosfatos) con el riesgo de apelmazar la mezcla.

Asimismo, en la mezcla de fosfato diamónico con superfosfatos, el fosfato diamónico reacciona con el fosfato monocálcico monohidratado del superfosfato y al igual que en el caso anterior, libera el agua de hidratación. En todos los casos, la reacción es lenta, razón por la cual es posible utilizarlos en la formulación de estas mezclas sólo si su aplicación es inmediata. Si los fertilizantes presentan un adecuado contenido de humedad, en términos generales no ocurren procesos de deterioro significativos de las mezclas. Sin embargo, cuando por diferentes razones las fuentes presentan mayor contenido de humedad (e.g. filtraciones de agua de lluvia en depósitos) la interacción entre los fertilizantes puede deteriorar la calidad física de la mezcla por apelmazamiento.

Un aspecto notable de las propiedades de las mezclas físicas es que la HRC resultante de la mezcla es más baja que la de las materias primas con las cuales se formuló. Asimismo, a medida que aumenta la temperatura, la HCR se reduce, y esta reducción es mayor en algunas mezclas. En general, las mezclas de los fertilizantes más comunes poseen una HCR que varía entre el 60 y 80 %. Aquellas que contienen nitrato de amonio o urea en su formulación ven disminuido su HCR por debajo de 55 %.

Los procesos de absorción de humedad (asociadas con el carácter higroscópico) de los fertilizantes y sus mezclas ocurren en la superficie expuesta de las parvas de fertilizantes, con lo cual en general el deterioro es localizado. Sin embargo, existen diferencias entre fuentes de fertilizantes en cuanto al perfil de ingreso de la humedad en la masa de fertilizantes (Gowariker et al. 2009). En cuanto a la normativa vigente, el artículo 3 de la resolución 708/97 menciona que “Queda prohibida la elaboración y/o comercialización de mezclas secas que contengan simultáneamente componentes en polvo y granulados y de productos embolsados con materias primas de compatibilidad limitada (parcialmente incompatibles) según la tabla que como Anexo forma parte integrante de la presente resolución. Según lo indica el Art. 5° “... aquellos productos que de acuerdo con la Resolución N° 338 del 23 de junio de 1995 de la ex –SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA Y PESCA son considerados a base de Nitrato de Amonio – TREINTA POR CIENTO (30 %) o más de su composición-, deberán almacenarse con las precauciones que allí se establecen”.

La compatibilidad física propiamente dicha se refiere a la compatibilidad granulométrica entre los fertilizantes utilizados como materia prima. Si los fertilizantes utilizados como ingredientes en

mezclas físicas presentan diferencias considerables en granulometría, responderán en forma diferencial a las fuerzas y acciones mecánicas a las que sean sometidos durante el mezclado, almacenamiento y transporte. Este comportamiento diferencial se denomina segregación de partículas. Por el contrario, si las fuentes de nutrientes son homogéneas físicamente, responderán de manera similar a las acciones mecánicas, alcanzando un producto uniforme. La segregación que más influencia tiene en la calidad física de fertilizantes es la denominada por flujo de partícula y se genera durante el almacenamiento y manipuleo de productos. Este tipo de segregación se conoce como coning y se presenta durante la formación de pilas cónicas en las plantas de fertilizantes. Las partículas más pequeñas se desaceleran más fácilmente, mientras que las partículas más gruesas continúan su recorrido cuesta abajo hasta llegar al final. Como consecuencia, la mayoría de las partículas más pequeñas tienden a acumularse en la parte central y superior de la pila, mientras que las partículas más grandes, lo hacen en la base y en la parte externa de la pila.

Existen equipamientos y accesorios que permiten el llenado nivelado de las parvas de fertilizantes, evitando considerablemente la segregación por flujo de partícula.

Otro tipo de segregación es la denominada por vibración, que se puede presentar durante el transporte de fertilizantes a granel. Cuando la masa de producto está conformada por fuentes de nutrientes con tamaños de partícula muy diferentes, se puede producir estratificación. Este proceso podría ocurrir en despachos a distancias muy grandes. En fletes cortos o en productos embolsados, este problema es poco relevante. Finalmente, durante la aplicación en el campo (e.g. fertilizadoras que proyectan el fertilizante, como las de disco) tiene lugar un tercer tipo de segregación de partículas que se denomina por acción balística. Este tipo de segregación se produce debido a diferencias en la densidad (peso específico) o forma de las partículas que determinan diferencias en las trayectorias de las partículas en el aire y las distancias recorridas por cada uno de los fertilizantes que integran la mezcla (Torres Duggan, 2007).

La influencia que la heterogeneidad en la calidad de las mezclas físicas (e.g. diferencias en grado dentro de la masa de producto, granulometría, peso específico, etc.) puede ejercer sobre el patrón de distribución de nutrientes en el suelo durante la aplicación, es un tópico escasamente investigado. Un estudio interesante en ese sentido fue el realizado por Tissot et al. (1999) sobre mezclas físicas formuladas en base a CAN, DAP nombre, SPT y MAP nombre. Los autores observaron una importante variabilidad en el grado de las mezclas (contenido de nutrientes)

comparado con el grado teórico de formulación entre y dentro de las bolsas. La variabilidad entre bolsas se asoció con diferencias en la calidad de la formulación, mientras que la variabilidad dentro de las bolsas se vinculó con la estratificación (segregación por vibración) durante el transporte y manipuleo. La heterogeneidad química observada en las muestras tomadas se trasladó a la distribución del fertilizante en el terreno (distribución de nutrientes) cuando se realizó la aplicación con máquinas que proyectan el fertilizante a través del aire.

La técnica más utilizada en evaluación de compatibilidad física de fertilizantes destinados a mezclas físicas es el Número de Tamaño Guía (Size Guide Number) conocido como SGN) desarrollado por el Canadian Fertilizer Institute (CFI). Este indicador se calcula para cada ingrediente de la mezcla. Surge de obtener, en primer lugar, la mediana de la distribución acumulada en peso del producto en una serie de mallas. Posteriormente, el SGN se calcula como el tamaño de partícula en mm que corresponde con el 50% de acumulación de producto (gráficamente la mediana de la distribución), multiplicado por 100 y redondeado al cinco más cercano. Una vez que se calcula el SGN de cada ingrediente de la mezcla, se comparan los valores y se analiza si las diferencias entre los mismos se encuentran dentro de los límites de tolerancia (Tabla 9).

Tabla 9. Evaluación de compatibilidad de fertilizantes mediante el uso del SGN
(Fertilizer Manual, 1998).

Dif. Número de tamaño guía (SGN)	Compatibilidad esperada
0-10%	Buena compatibilidad
11-20%	Moderada compatibilidad*
>20%	Incompatible

* precauciones en manipuleo del producto pueden reducir las tendencias a la segregación.

Capítulo 2

Proceso de carga de big bag sobre camiones. (S.A, 2013)

Analizaremos los tiempos que tarde un operador de carga de bolsones de 1000 kgs (big bag) sobre camiones, de manera de lograr una disminución de ellos de forma segura para el proceso y el operador.

En el siguiente diagrama mostraremos las partes intervinientes del sistema proceso de recepción y despacho de fertilizantes:

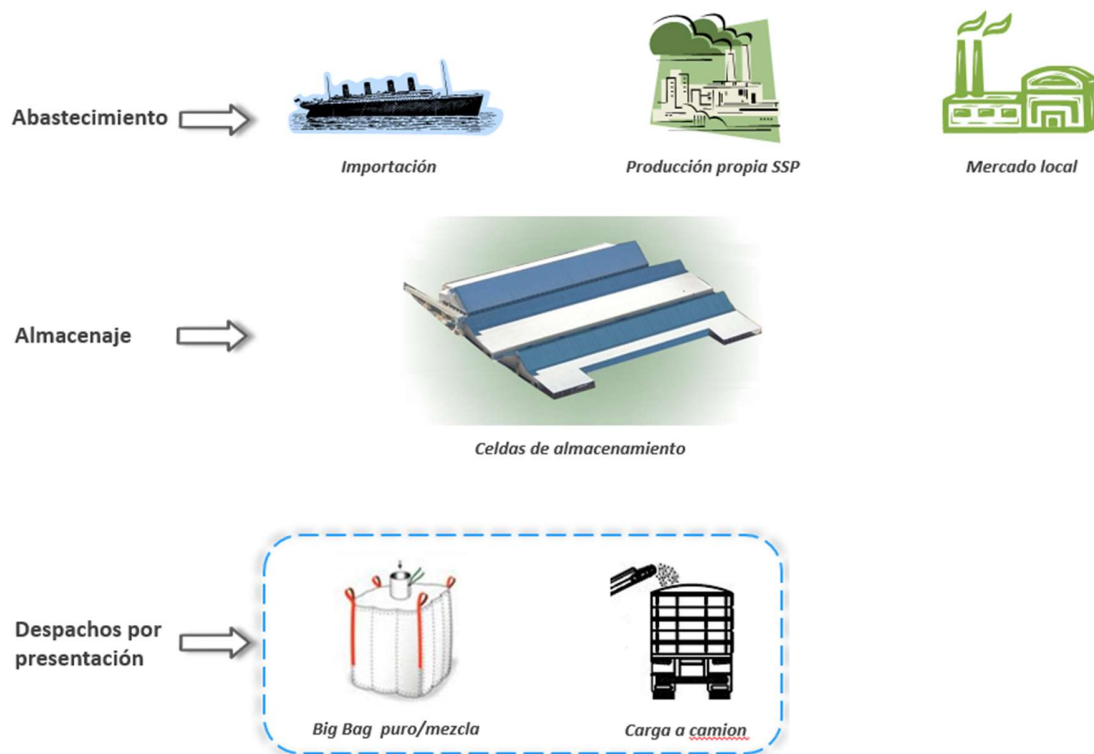


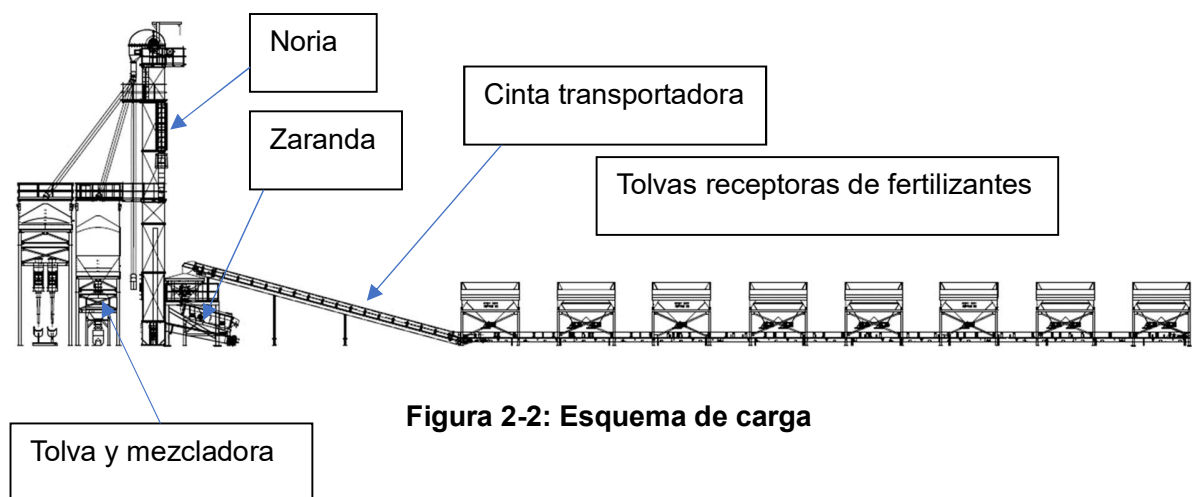
Figura 2-1: Proceso de recepción y despacho

Sobre un proceso existente de recepción de Fertilizantes en planta a través de barcos, camiones y producción propia, se reciben las distintas variantes de fertilizantes los cuales son almacenados en la celda nro. 1. (esquema Figura 2.1)

Luego del almacenamiento es cargado en diferentes tolvas de acuerdo con las solicitudes de clientes.

Las tolvas descargan sobre la cinta transportadora y de allí es llevado el producto a una tolva de mezclado, previo paso por un elevador a cangilones (noria). (Ver Figura 2.2)

Desde la tolva de mezcla es llevado por un transporte a cadena (redler) a la carga de bolsones sobre camiones. (Ver Figura 2.3)



Tolva y mezcladora

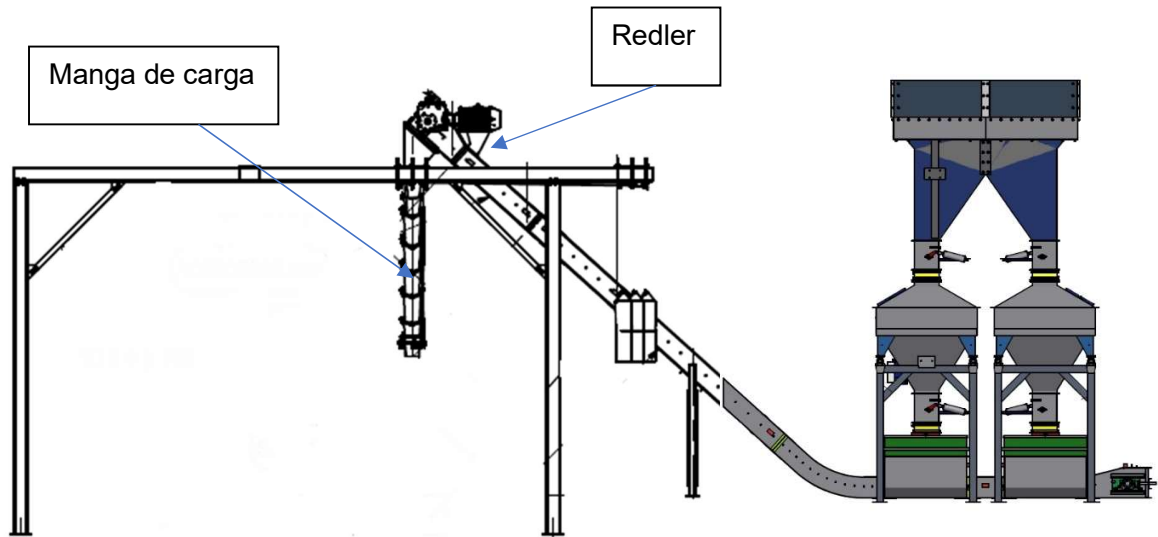


Figura 2-3: Esquema de carga

Situación anterior a la propuesta

Previo al análisis de este proyecto la descarga del redler tenía una sola salida conectada a una manga la cual debía ser direccionada por 2 operadores a los Big Bag.

Este proceso traía complicaciones de carga por la posición de los bolsones sobre el camión, debiendo tener que movilizar el camión realizando varias maniobras para cargar cada línea de bolsones.

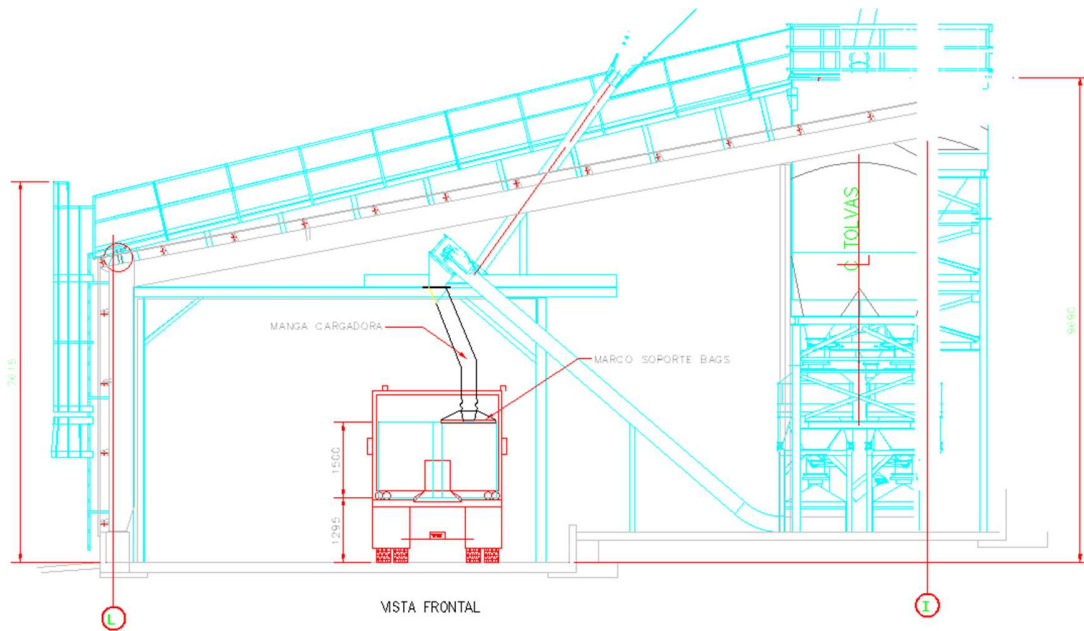


Figura 2-4: Esquema de carga

Además, se debía bajar la capacidad de carga porque cuando el fertilizante pasaba por la manga se hacía dificultosa mantener de forma inclinada la manga para cargar los Big Bag.

(Ver Figura 2-4)

Cada bolsón puede cargar 1 toneladas de fertilizantes. Pudiendo cargar un máx. de 28 Big Bag por camión entre chasis y acoplado.

Con esta metodología se demoraba 75 min para cargar un camión con 28 bolsones.

Propuesta de válvula:

Con la propuesta de agregar un Válvula de 3 vías se podía direccionar la carga a cada posición de los bolsones sobre el camión, debiendo mover el camión solo en el sentido de avance de circulación.

Esto permitía que un operador direcciona cada manga a la posición de cada Big Bag. Ver Figuras 2-5, 2-6, 2-7

Con esto se logró cargar un camión de 28 bolsones en 45 min, reduciendo 30 min respecto a la carga sin válvula de 3 vías.

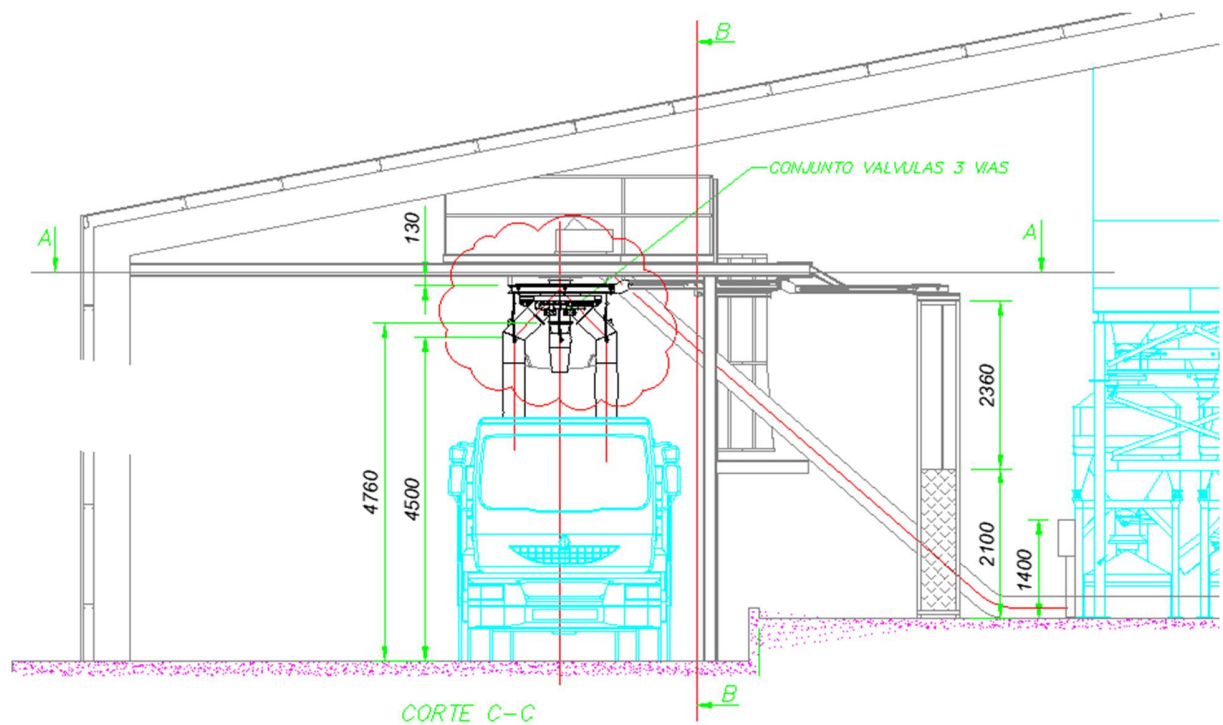
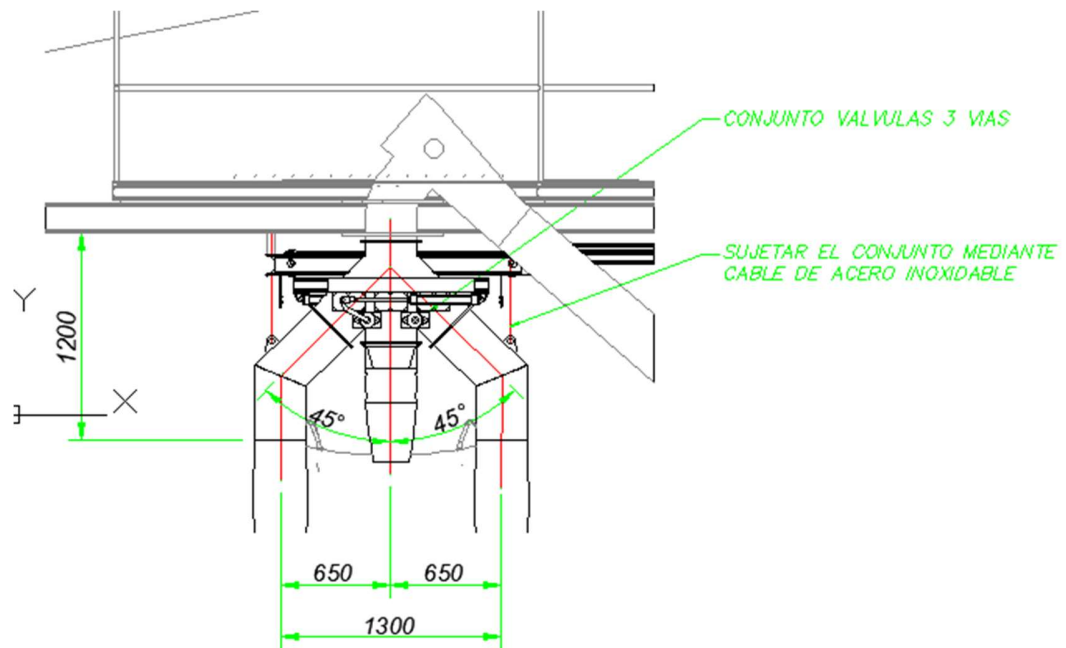
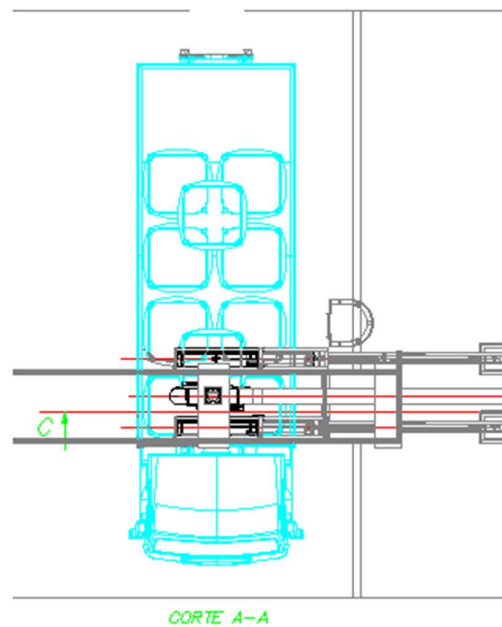
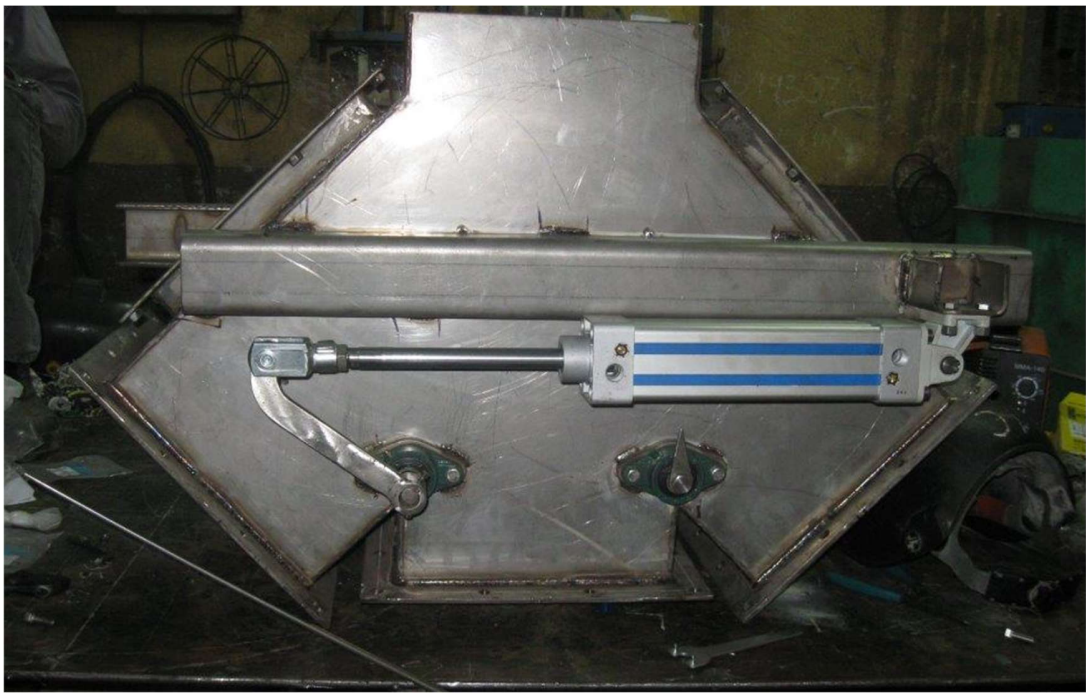


Figura 2-5: Esquema de carga

**Figura 2-6: Esquema de carga****Figura 2-7: Esquema de carga**

Etapas de construcción





Etapas de montaje

Capítulo 3

Cálculos y dimensionamiento de válvula

Objetivo:

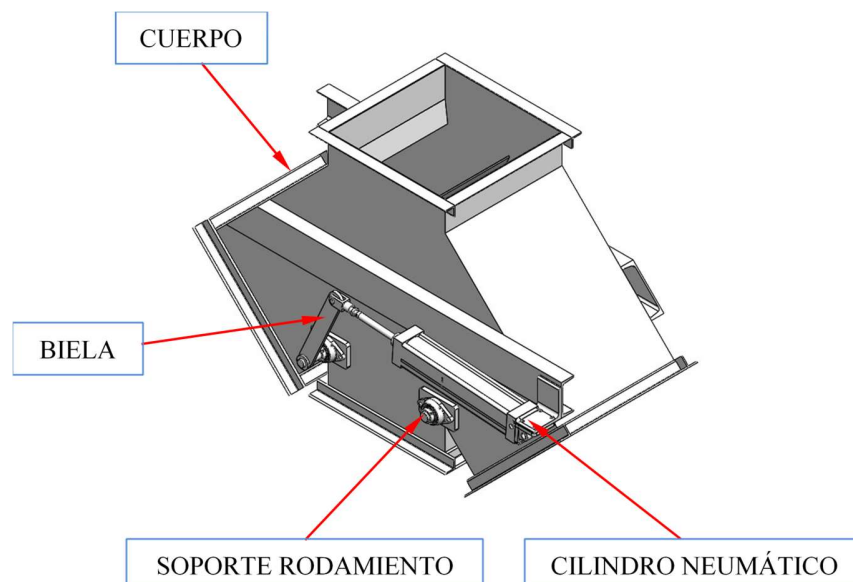
La siguiente Memoria de Cálculo tiene por objetivo verificar la resistencia de los componentes de la válvula diverter sometida ésta a las cargas de trabajo máximas actuantes.

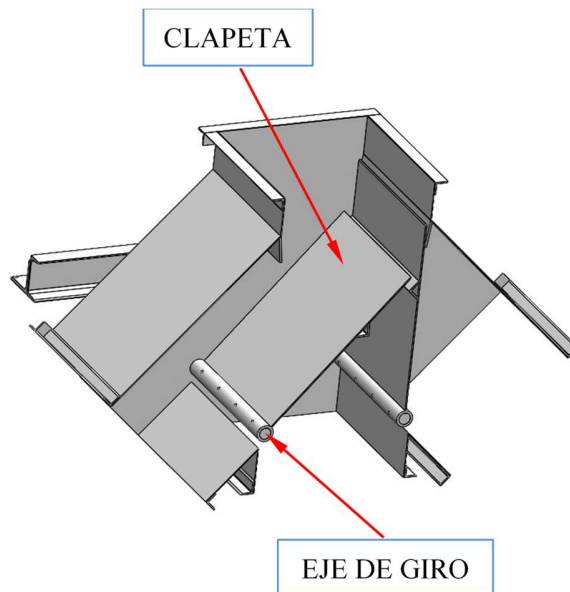
Etapas procedimientos de cálculo:

- a) Descripción de la válvula
- b) Tensiones admisibles
- c) Cargas actuantes
- d) Verificación de componentes
- e) Verificación mediante fea

a) Descripción de la válvula

A continuación, se detallan las partes componentes de la válvula diverter.





b) Tensiones admisibles

Chapas: AISI 304 / 304 L

$\sigma_{fl} = 210 \text{ MPa}$

$\sigma_{rot} = 420 \text{ MPa}$

La tensión admisible se calculará siguiendo las pautas de la Bibliografía G. Niemann "Tratado Teórico Práctico de Elementos de Máquinas": $\sigma_{adm} = \sigma_{fl} / (F_s \cdot F_c)$

$F_s = \text{coef. de seguridad} = 1,35$

$F_c = \text{coef. de choque} = 1,05$

$\sigma_{adm} = 210 / (1,35 \cdot 1,05)$

$\sigma_{adm} = 148 \text{ MPa}$

Ejes: AISI 304 / 304

$\sigma_{fl} = 210 \text{ MPa}$

$\sigma_{rot} = 470 \text{ MPa}$

$\sigma_{adm} = 148 \text{ MPa}$

$$\tau_{adm} = 0,43 \cdot \sigma_{fl}$$

$$\tau_{adm} = 0,43 \cdot 210$$

$$\tau_{adm} = 90 \text{ MPa}$$

Soldadura

Las soldaduras son partes críticas, debido a las transformaciones mecánicas y químicas que aparecen en la unión de las piezas. Para la determinación de la tensión admisible se emplea la ya establecida para el material base, en nuestro caso en particular es la chapa de acero AISI 304. A esta se le debe afectar del factor de eficiencia de la soldadura que provoca una disminución de la tensión admisible debido a concentración de tensiones por el enfriamiento y defectos de ejecución (mala penetración, inclusiones). Este coeficiente varía dependiendo de la sollicitación y oscila entre 0,8 para flexión y corte y 0,75 para tracción. Adoptaremos una eficiencia de 0,75. Entonces;

$$\sigma_{adm \text{ sold}} = 110 \text{ MPa}$$

$$\tau_{adm \text{ sold}} = 78 \text{ MPa}$$

Bulones

Para la fijación de la clapeta al eje se utilizan bulones RW3/8" de AISI 304 – Clase 50;

Clasificación por su resistencia a la tracción para bulones, tornillos y tuercas

ACERO INOXIDABLE				BULONES Y TORNILLOS			TUERCAS
GRUPO DE COMPOSICIÓN	TIPO DE ALEACIÓN	CLASE DE CALIDAD	GAMA DE Ø D	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Rm N/mm², mín.	LÍMITE CONV. DE ELASTICID. AL 0,2% Rp 0,2 3) N/mm², mín.	ALARGAMIENTO A ₅ EN mm, mín.	RESISTENCIA A LA CARGA DE PRUEBA Sp N/mm²
AUSTENÍTICO	A1	50	<M39	500	210	0,6d	500
	A2	70	<M20	700	450	0,4d	700
			<M20<M30	500	250	0,4d	500
	A4	80	<M20	800	600	0,3d	800

$$\sigma_{fl} = 210 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{rot} = 500 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{adm \text{ bulón}} = 136 \text{ MPa}$$

$$\tau_{adm \text{ bulón}} = \sigma_{fl} \cdot 0,375$$

$$\tau_{adm \text{ bulón}} = 210 \cdot 0,375$$

$t_{adm} \text{ bulón} = 80 \text{ MPa}$

c) Cargas actuantes

1era. Hipótesis: válvula con carga

Como 1era. Hipótesis de carga adoptamos válvula llena en su interior y sobre ésta una columna de material de dimensiones 600 x 600 x 1000 de altura, dichas cargas actúan directamente sobre el conjunto clapeta-eje, trabajando la clapeta como placa y el eje a flexión.

2da. Hipótesis: válvula sin carga

Como 2da. Hipótesis de carga adoptamos válvula trabajando en vacío, sin carga.

Datos

Capacidad del redler= 60 Ton/h

Peso específico del fertilizante= 1,2 Gr/cm³= 1200 Kg/m³

Carga sobre la válvula

W_d = Peso de material en ducto de aprox. 1 metro sobre la válvula= 430 Kgf

W_c = Peso de material en interior de válvula= 280 Kgf

I_f = Factor de impacto= 1,2

W_t = Peso combinado total= $W_d + W_c \cdot 1,2$

$W_t = 430 + 280 \cdot 1,2$

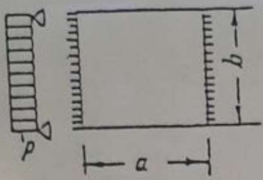
$W_t = 765 \text{ Kgf} = 7650 \text{ N}$

d) Verificación de componentes

4a- Clapeta POS. 8

La verificación de la clapeta se realiza tomando como base la 1era. Hipótesis de cálculo y la bibliografía "Manual para cálculo de placas" A. S. Kalmanok

Tabla 14. — Placa rectangular, libremente apoyada en dos lados opuestos y empotrada en los dos restantes, solicitada por una carga uniformemente distribuida.



	w_{cp}	M_2^0	$M_{a\ cp}$	$M_{b\ cp}$	R_a	R_b
0,50	0,00262	-0,0845	0,0414	0,0017	0,098	0,902
0,55	0,00257	-0,0843	0,0408	0,0029	0,097	0,812
0,60	0,00252	-0,0837	0,0400	0,0043	0,096	0,737
0,65	0,00246	-0,0828	0,0391	0,0058	0,097	0,673
$\frac{a}{b}$ 0,70	0,00240	-0,0816	0,0380	0,0073	0,097	0,617
0,75	0,00234	-0,0801	0,0366	0,0088	0,098	0,569
0,80	0,00227	-0,0784	0,0350	0,0103	0,098	0,527
0,85	0,00220	-0,0765	0,0335	0,0119	0,099	0,490
0,90	0,00212	-0,0744	0,0319	0,0134	0,099	0,457
0,95	0,00203	-0,0722	0,0302	0,0147	0,100	0,427
1,00	0,00192	-0,0698	0,0285	0,0158	0,102	0,398
0,95	0,00225	-0,0745	0,0297	0,0189	0,115	0,412
0,90	0,00262	-0,0796	0,0307	0,0225	0,130	0,426
0,85	0,00305	-0,0849	0,0314	0,0267	0,148	0,441
0,80	0,00355	-0,0902	0,0318	0,0316	0,170	0,455
0,75	0,00413	-0,0957	0,0320	0,0374	0,198	0,469
$\frac{b}{a}$ 0,70	0,00480	-0,1011	0,0319	0,0442	0,232	0,482
0,65	0,00558	-0,1063	0,0310	0,0519	0,274	0,495
0,60	0,00645	-0,1111	0,0292	0,0604	0,326	0,507
0,55	0,00741	-0,1154	0,0266	0,0697	0,391	0,518
0,50	0,00845	-0,1191	0,0234	0,0799	0,472	0,528

Multiplificadores para los datos numéricos:
 para $a/b < 1$; para las flechas, pa^4/D ;
 para los demás valores, pa^2 ;
 para $b/a < 1$; para las flechas, pb^4/D ;
 para los demás valores, pb^2 .

Dimensiones= 740 x 590 x 4,75 mm

$$p = (765 \cdot \sin 45^\circ) / (74 \cdot 59)$$

$$p = 0,12 \text{ Kgf/cm}^2$$

De Tabla 14, Pág. 149 – Placa rectangular, libremente apoyada en dos lados opuestos y empotrada en los dos restantes, solicitada por una carga uniformemente distribuida.

$$b/a = 59/74 = 0,79$$

Momento lineal en la placa

$$M_{acp} = 0,0318 \cdot p \cdot b^2 = 0,0318 \cdot 0,12 \cdot 59^2 = 13,3 \text{ Kgf-cm/cm}$$

$$M_{bcp} = 0,0316 \cdot p \cdot b^2 = 0,0316 \cdot 0,12 \cdot 59^2 = 13,1 \text{ Kgf-cm/cm}$$

$$G_x = M_{acp} + \mu M_{bcp} = 13,3 + 0,3 \cdot 13,1 = 17,3 \text{ Kgf-cm/cm}$$

$$G_y = M_{bcp} + \mu M_{acp} = 13,1 + 0,3 \cdot 13,3 = 17 \text{ Kgf-cm/cm}$$

Cálculo de espesor mínimo a utilizar

$$\sigma = (G_y) / (t_{min}^2 / 6) \rightarrow t_{min} = \sqrt{\{(6 \cdot 17) / (780)\}}$$

$$t_{min} = 0,36 \text{ cm} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

4b- Eje POS. 9

El eje de la clapeta (cuando está llena de material – 1er. Hipótesis) esta solicitado a flexión debida a la carga de material sobre la clapeta y cuando está vacía (2da. Hipótesis) esta solicitada a torsión por el brazo de palanca cilindro-biela.

Tensión de flexión sobre el eje considerando 1era. Hipótesis

$$M_f = (P \cdot L^2) / 8$$

$$P = 12750 \text{ N/m}$$

$$L = 0,6 \text{ m}$$

Entonces,

$$M_f = (12750 \cdot 0,6^2) / 8$$

$$M_f = 575 \text{ N-m} = 575000 \text{ N-mm}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = (K_f \cdot 32 \cdot M_f) / (\pi \cdot d^3)$$

$$\sigma_{\text{máx}} = (1,1 \cdot 32 \cdot 575000) / (\pi \cdot 453)$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 70 \text{ MPa} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

Tensión de torsión sobre el eje considerando 2da. Hipótesis

Para el cálculo del momento torsor vamos a considerar la fuerza W_n ejercida por el cilindro neumático sobre la biela.

Lo primero que debemos hacer es calcular la fuerza de empuje del cilindro sin carga, esto se realiza por sumatoria de momentos.

$$W_n \cdot \cos 60^\circ \cdot L_{\text{palanca}} > \text{peso clapeta} \cdot \cos 45^\circ \cdot \text{radio clapeta}$$

$$W_n \cdot \cos 60^\circ \cdot 0,39 > 30 \cdot \cos 45^\circ \cdot 0,365$$

$$W_n = 40 \text{ Kgf}$$

Entonces,

$$M_t = 400 \cdot \cos 20^\circ \cdot 0,39$$

$$M_t = 156 \text{ N-m}$$

$$\tau_{\text{máx}} = (K_f \cdot 16 \cdot M_t) / (\pi \cdot d^3)$$

$$\tau_{\text{máx}} = (2 \cdot 16 \cdot 156000) / (\pi \cdot 353)$$

$$\tau_{\text{máx}} = 37 \text{ MPa} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

4c- Chaveta POS. 9A

Verificación de chaveta al corte

$$L_{\text{chaveta}} \geq (4 \cdot M_t \cdot N) / (\sigma \cdot w \cdot \tau_{\text{adm}})$$

L_{chaveta} = longitud de la chaveta

N = factor de seguridad = 2

w= ancho de la chaveta

τ_{adm} = tensión admisible al corte de la chaveta

$$\tau_{adm} = 0,5 \cdot \sigma_{adm}$$

$$\tau_{adm} = 74 \text{ Mpa}$$

Entonces;

$$L_{chaveta} \geq (4 \cdot 156000 \cdot 2) / (35 \cdot 10 \cdot 74)$$

$L_{chaveta} \geq 48 \text{ mm} < L_{chaveta \text{ actual}} = 50 \text{ mm} \rightarrow \text{VERIFICA CERCA DE VALORES ADMISIBLES}$

Verificación de chaveta al aplastamiento

$$L_{chaveta} \geq (4 \cdot M_t \cdot N) / (\emptyset \cdot h \cdot \sigma_{adm \text{ apl}})$$

$L_{chaveta}$ = longitud de la chaveta

w= altura de la chaveta

$$\sigma_{adm \text{ apl}} = 0,65 \cdot \sigma_{adm}$$

$$\sigma_{adm \text{ apl}} = 96 \text{ MPa}$$

Entonces;

$$L_{chaveta} \geq (4 \cdot 156000 \cdot 2) / (35 \cdot 8 \cdot 96)$$

$L_{chaveta} \geq 46 \text{ mm} < L_{chaveta \text{ actual}} = 50 \text{ mm} \rightarrow \text{VERIFICA CERCA DE VALORES ADMISIBLES}$

4d- Palanca POS. 10

Se verificará la palanca a flexión.

$$\sigma_{\text{máx}} = (P_n \cdot L) / W_x$$

P_n = fuerza generada por el cilindro neumático= 40 Kgf= 400 N

L = long. de la palanca= 390 mm

W_x = 8735 cm³

$\sigma_{\text{máx}}$ = (400 . 390) / 8735

$\sigma_{\text{máx}}$ = 18 MPa → VERIFICA

4e- Soporte de rodamiento POS. 7

La cuchilla monta 4 soportes de rodamientos FYTB-40-WF con las siguientes características:

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	30.7 kN
Capacidad de carga estática básica	C_0	19 kN
Carga límite de fatiga	P_u	0.8 kN

P_o = carga estática equivalente

P_o = Fr

Fr= carga radial

$C_o > Fr . S_o$

S_o = factor de seguridad estático= 1,5

Debido a que Fr = 3825 N → $3825 . 1,5=5735$ N < 19000 N → VERIFICA

4f- Bulones 12b

La cláqueta es solidaria al eje mediante 4 bulones RW3/8", los mismos se verifican al corte.

La M_t = $P_n . L$

$$M_t = 400 \cdot 390$$

$$M_t = 156000 \text{ N-mm}$$

Con este valor de momento torsor calculamos la fuerza cortante sobre el bulón;

$$M_t = F_c \text{ bulón}^* \cdot \text{radio clapeta} \rightarrow F_c \text{ bulón}^* = M_t / \text{radio clapeta}$$

$$\text{radio clapeta} = 32,5 \text{ mm}$$

Entonces,

$$F_c \text{ bulón}^* = 156000 / 32,5$$

$$F_c \text{ bulón}^* = 4800 \text{ N}$$

Si consideramos 4 bulones;

$$F_c \text{ bulón} = F_c \text{ bulón}^* / 4$$

$$F_c \text{ bulón} = 4800 / 4$$

$$F_c \text{ bulón} = 1200 \text{ N}$$

La tensión máxima al corte será;

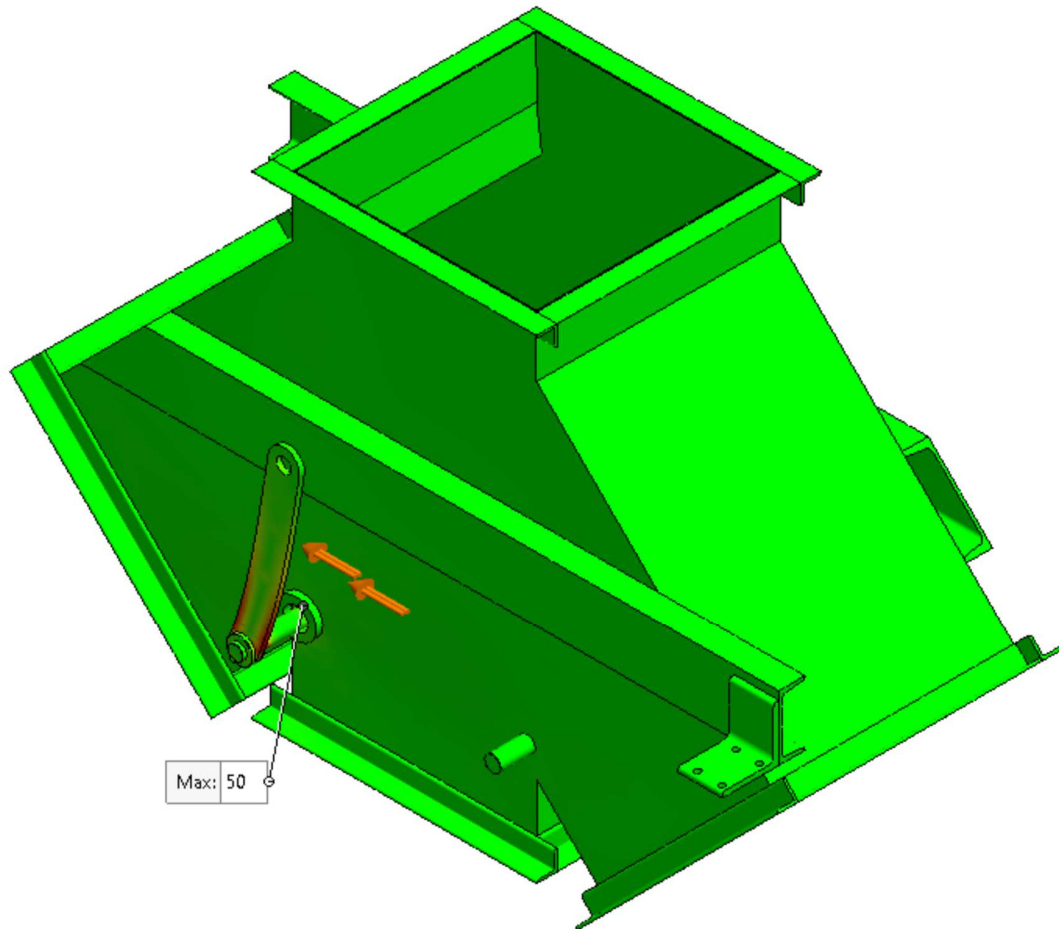
$$\tau_{\text{máx bulón}} = F_c \text{ bulón} / \Omega$$

$$\tau_{\text{máx bulón}} = 1200 / 60$$

$$\tau_{\text{máx bulón}} = 20 \text{ MPa} < \tau_{\text{adm bulón}} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

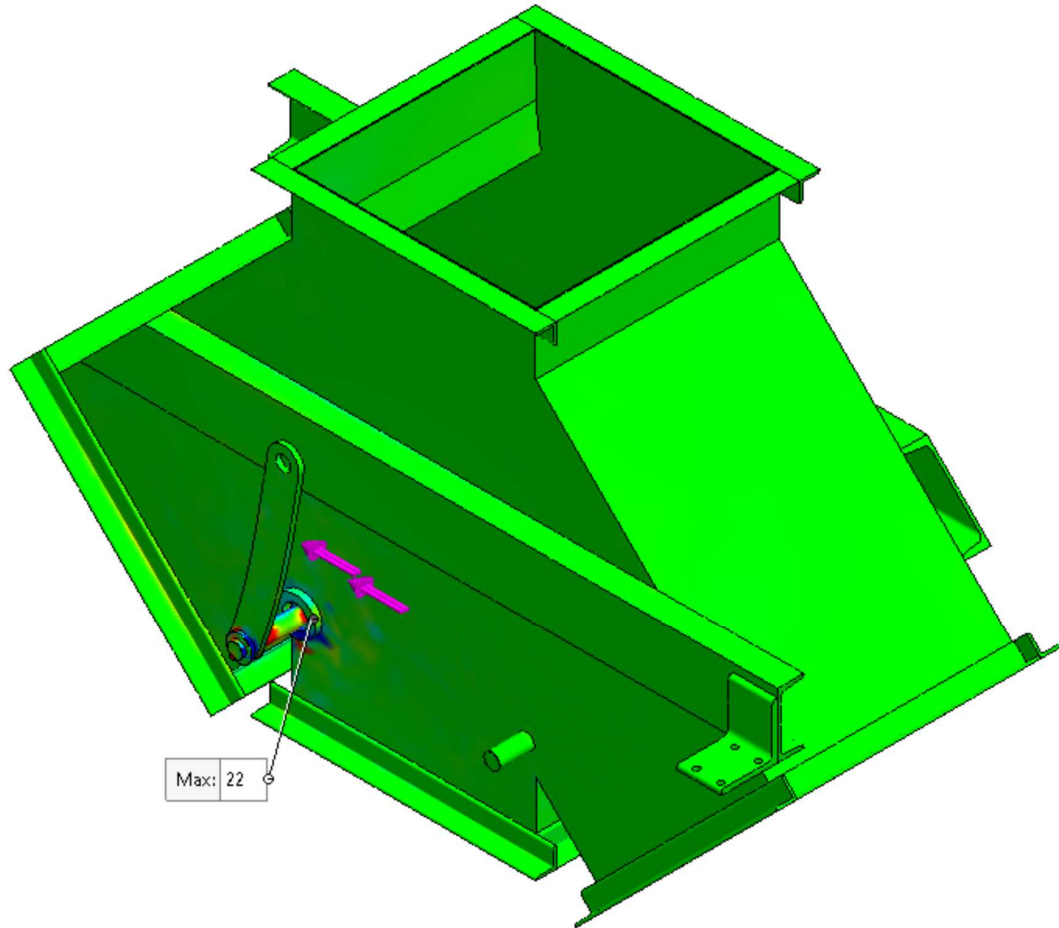
e) Verificación mediante FEA (Finite Element Analysis)

- Tensiones máximas de von Mises

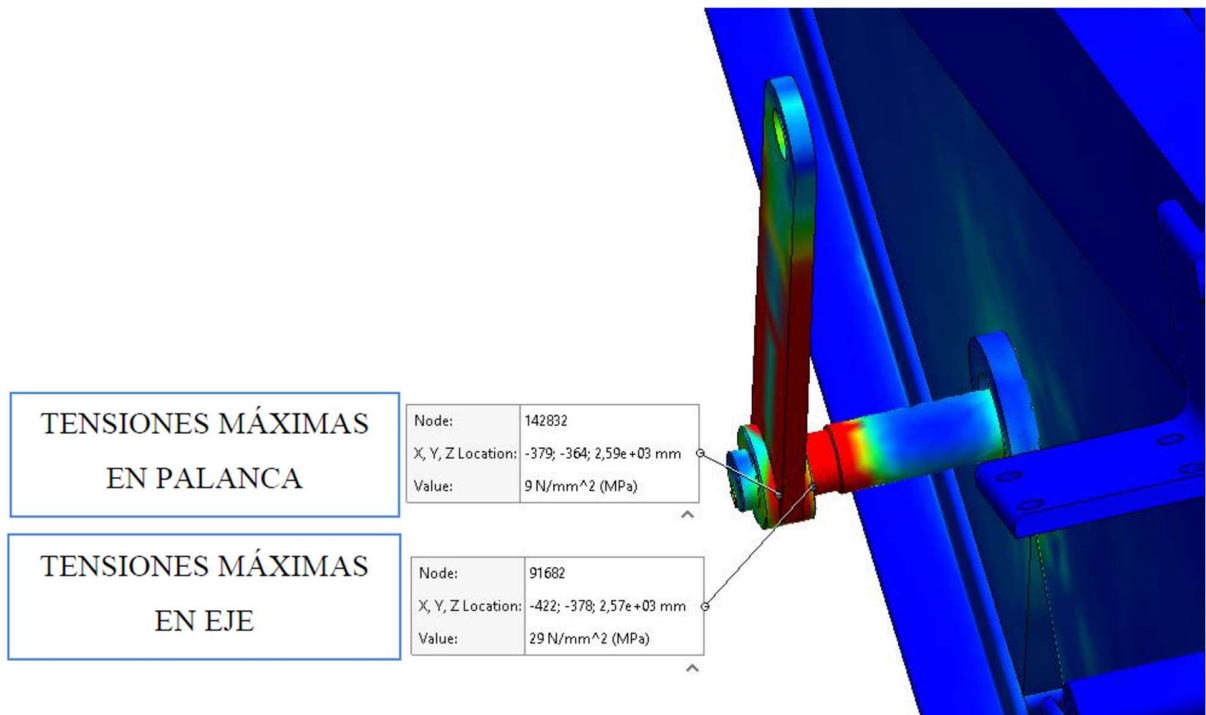


$\sigma_{\text{máx}} = 50 \text{ MPa} < \sigma_{\text{adm}} \rightarrow \text{VERIFICA}$

- Tensiones máximas de corte



$\tau_{\text{máx}} = 22 \text{ MPa} < \tau_{\text{adm}} \rightarrow \text{VERIFICA}$



Conclusiones de los cálculos:

Los componentes analizados (clapeta, eje, rodamientos, biela, chaveta, soldadura y bulones) de la válvula diverter verifican los requisitos de tensiones y deformaciones establecidos por las bibliografías citadas debajo.

Bibliografía de cálculos:

- “Resistencia de materiales” – P. Stiopin
- “Tratado Teórico Práctico de Elementos de Máquinas” – G. Niemann
- “Manual para cálculo de placas” – A. S. Kalmanok
- “Diseño en ingeniería mecánica” – Shigley / Mischke
- “Tensiones admisibles bulones” – Famiq aceros inoxidables
- “Manual SKF de rodamientos”

Capítulo 4

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Reducción de Tiempos de Carga: La implementación de la válvula de 3 vías al final del transporte a cadena demostró ser altamente efectiva, reduciendo significativamente los tiempos de carga de 75 minutos a tan solo 45 minutos. Esta mejora representa una optimización considerable en la eficiencia operativa de nuestro sistema.

Mejora en la Seguridad: Un beneficio clave de esta innovación es la mejora en la seguridad de nuestros operadores de carga. La introducción de mangas que dirigen la carga a los bolsones ha reducido el esfuerzo físico necesario durante el proceso de carga. Esto no solo promueve un ambiente de trabajo más seguro, sino que también contribuye a la salud y bienestar de nuestro personal.

Simplificación de Maniobras: Adicionalmente, la implementación de la válvula de 3 vías ha simplificado significativamente las maniobras requeridas por los camioneros para la reubicación de la carga. Esto no solo ahorra tiempo, sino que también reduce el desgaste de los vehículos de transporte y, en última instancia, los costos operativos.

En resumen, la adopción de la válvula de 3 vías ha tenido un impacto positivo en múltiples aspectos de nuestra operación, desde la eficiencia en la carga hasta la seguridad de nuestros empleados y la reducción de costos asociados a las maniobras de los camioneros. Estos resultados respaldan la efectividad y el valor de esta mejora en nuestro proceso de transporte y carga.

Recomendaciones

Analizar y mejorar un proceso, por mas pequeño que sea, dentro de un sistema general llevara a la mejorar el conjunto.

Debemos aceptar que no siempre tomaremos buenas decisiones, que muchas veces nos equivocaremos, pero hay que entender que fallar no arruina el éxito, sino que es parte de él.

Bibliografía

Bunge Argentina. Pagina web.

TFA. Terminal Fertilizantes Argentina.

ICL Fertilizantes Europa. Pagina web.

IFA. (Asociacion internacional de la Industria de Fertilizantes) Fertilizantes y su uso. Edicion 2022

Bolsa de Comercio de Rosario

Anexo A: Planos Válvula 3 vías

Plano n°1: CONJUNTO_001. GENERAL_REV.B.dwg

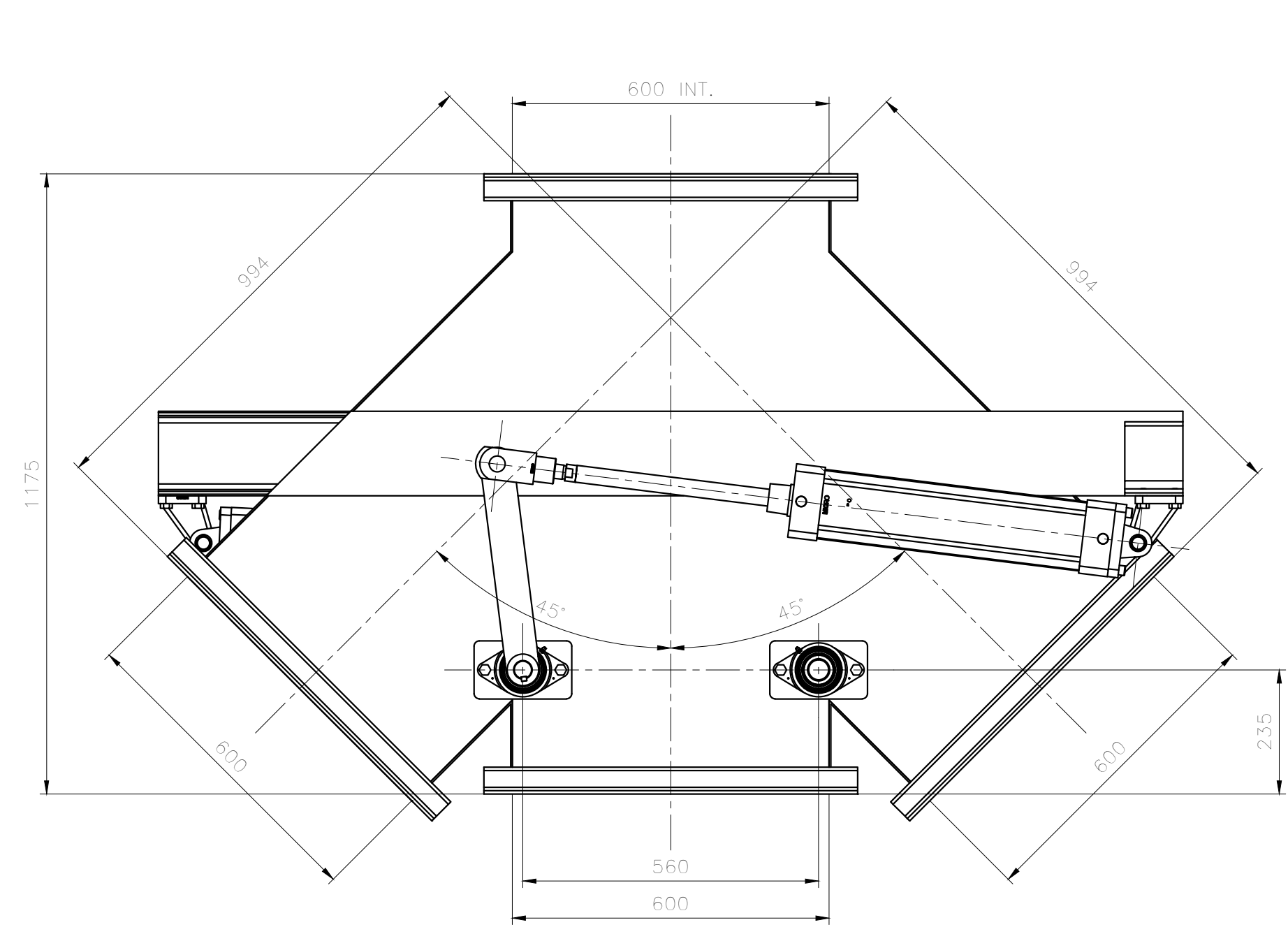
Plano n°2: CONJUNTO_002. CUERPO_REV.B.dwg

Plano n°3: CONJUNTO_003. EJE Y CALPETA_REV.B.dwg

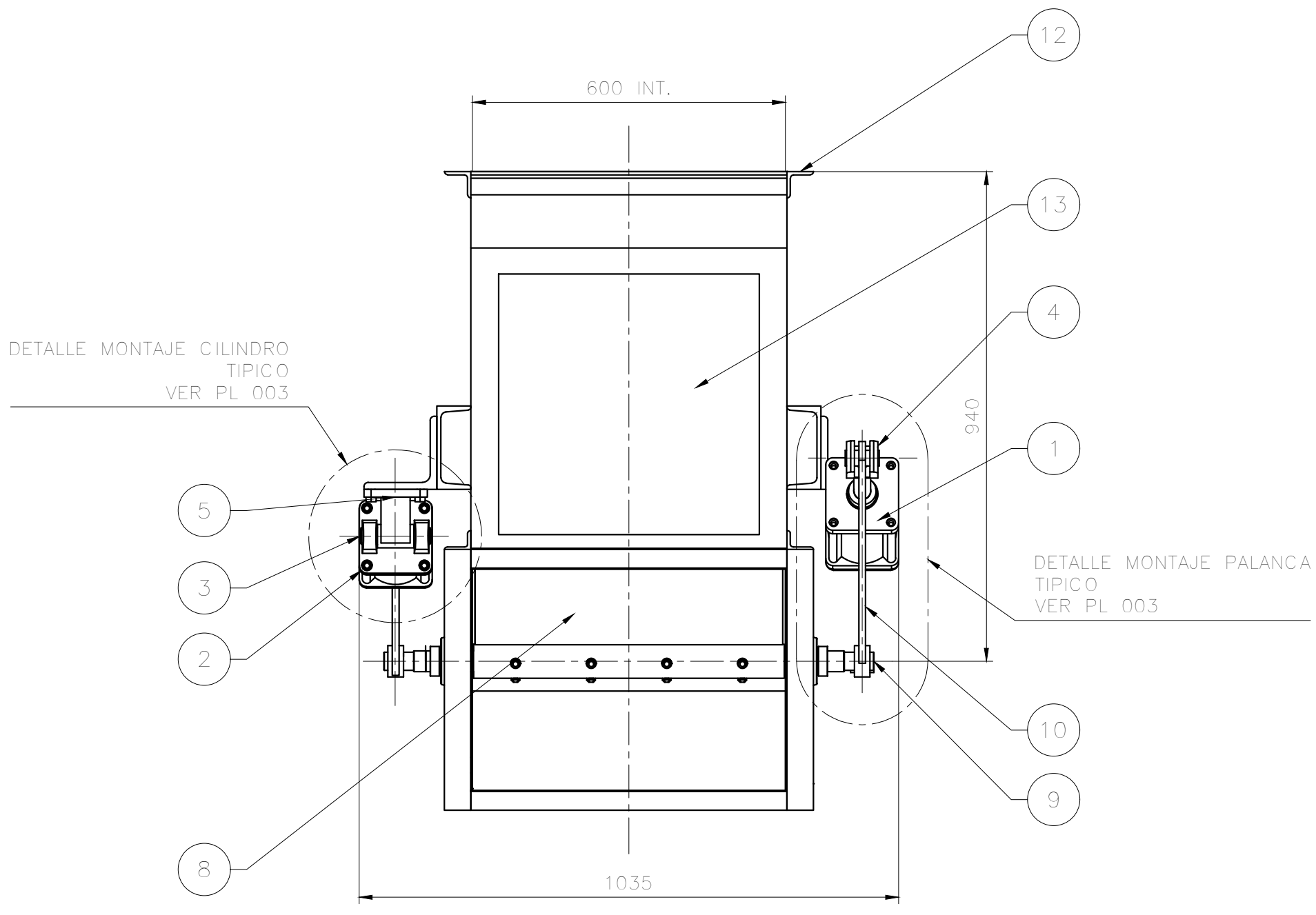
Plano N°4 MAQUETA_1.dwg

Plano N°5 MAQUETA_2.dwg

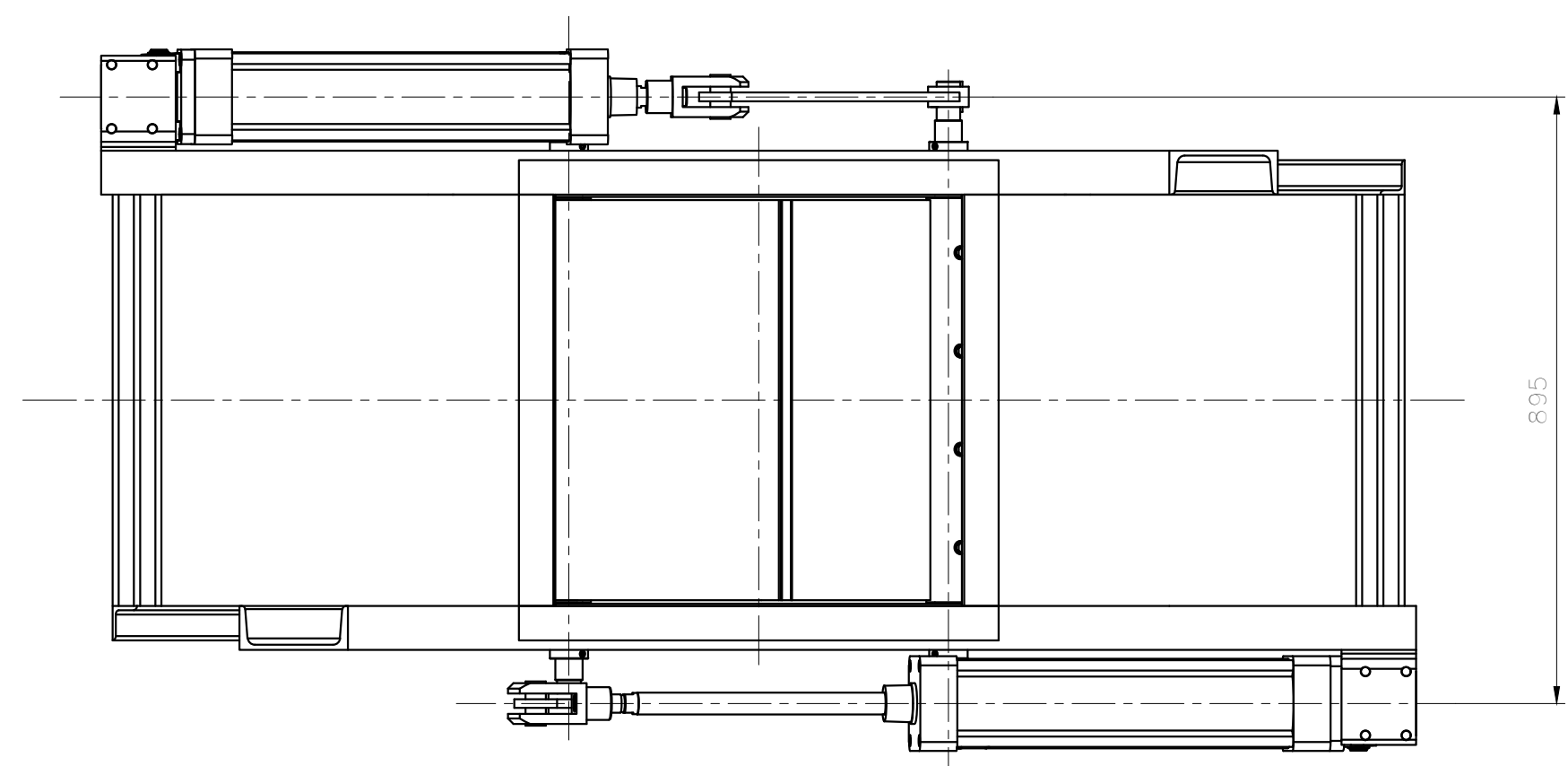
Plano N°6 MAQUETA_3.dwg



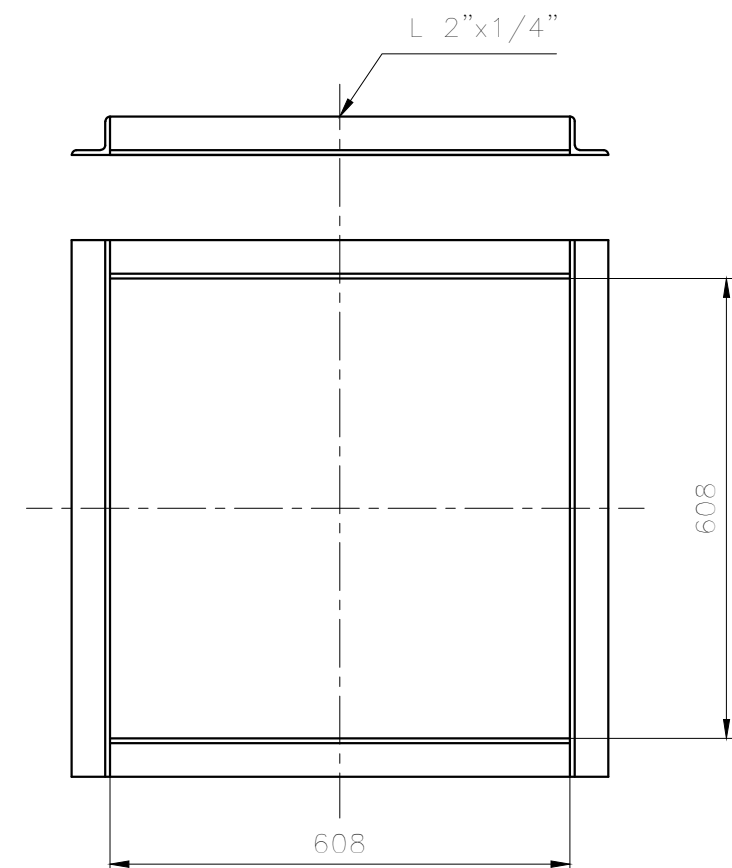
VISTA FRONTAL
Esc. 1:10



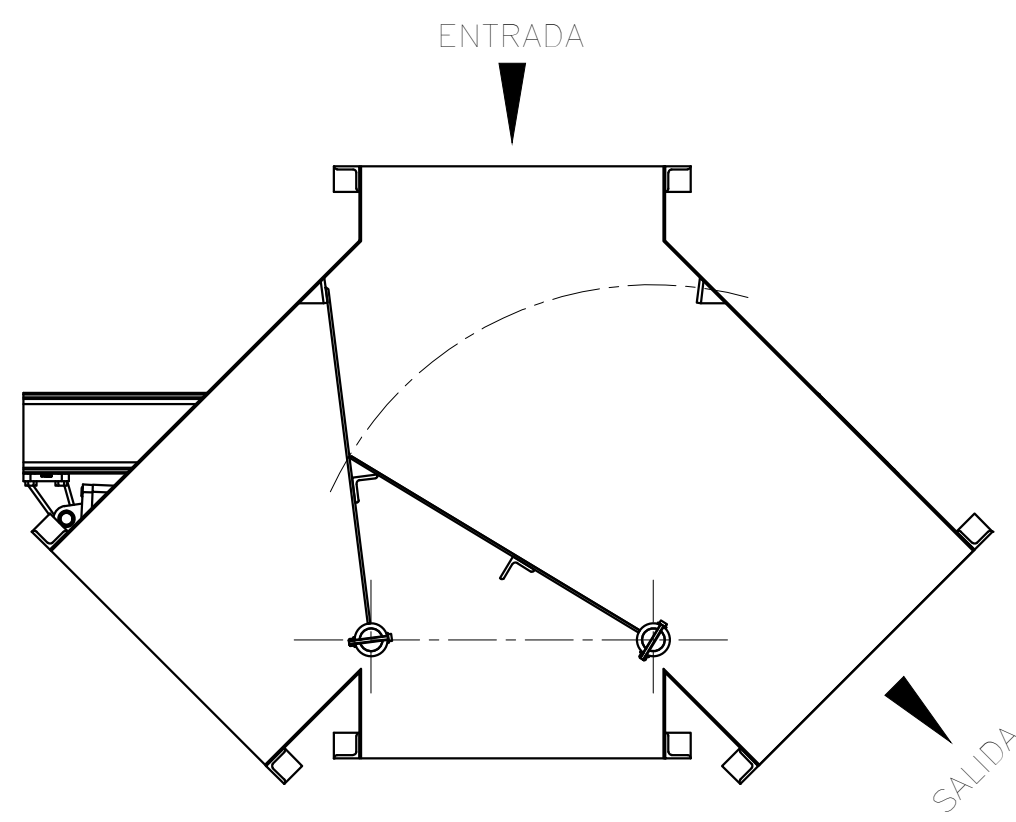
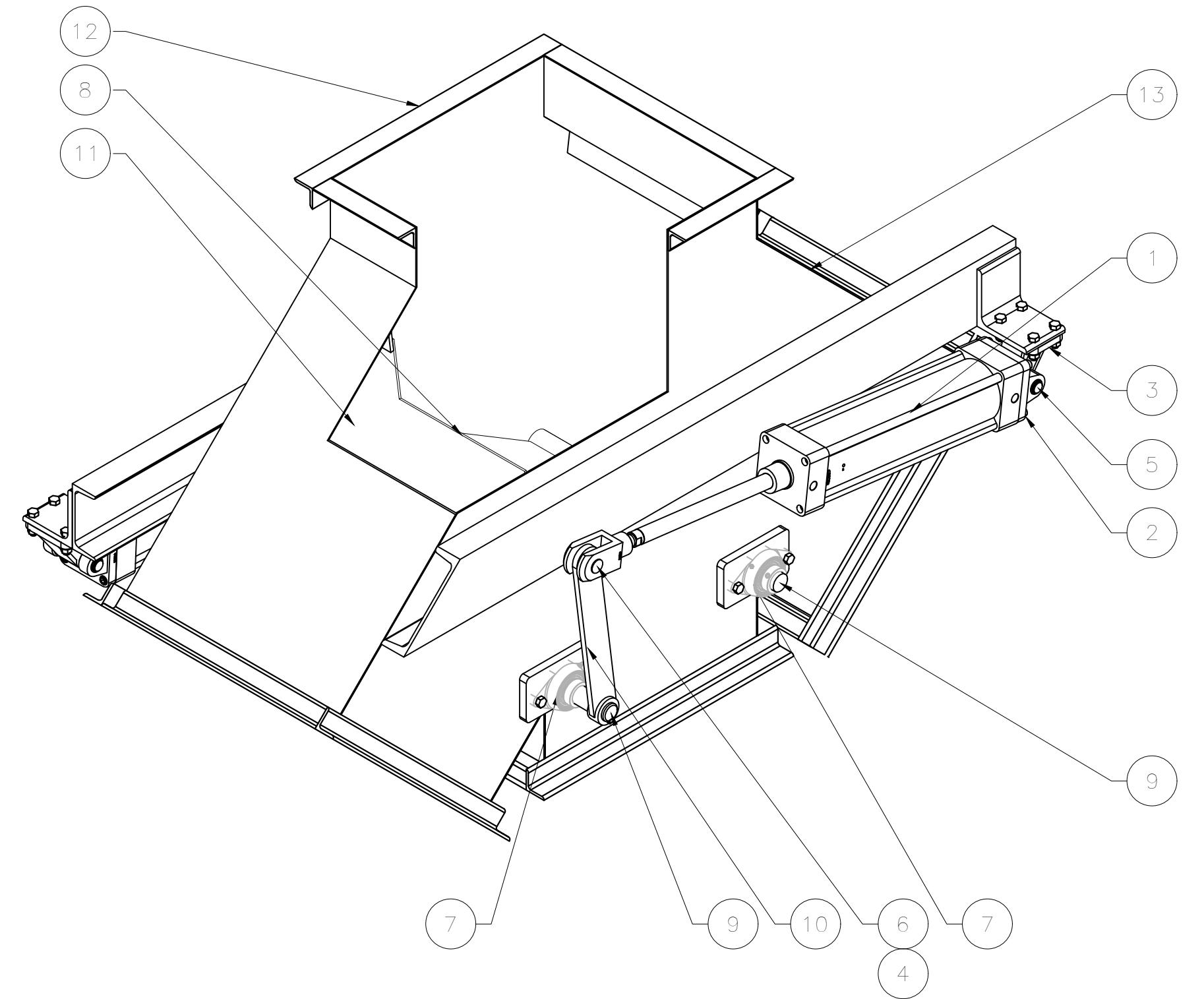
VISTA LATERAL
Esc. 1:10



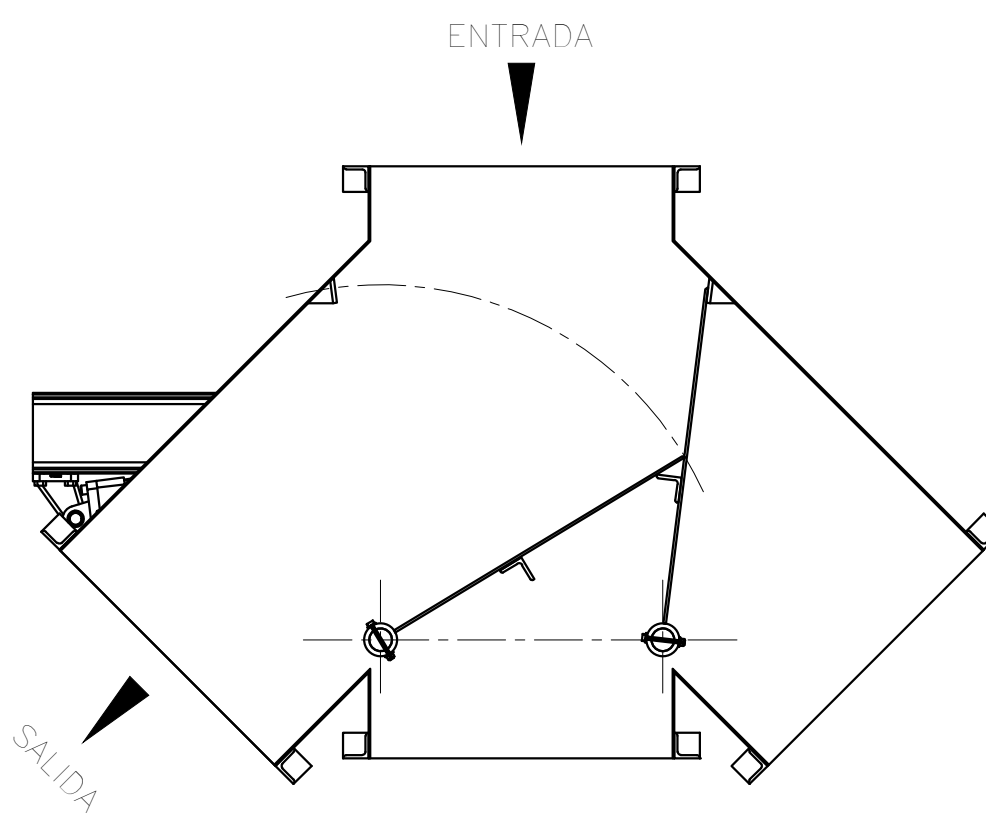
VISTA EN PLANTA
Esc. 1:10



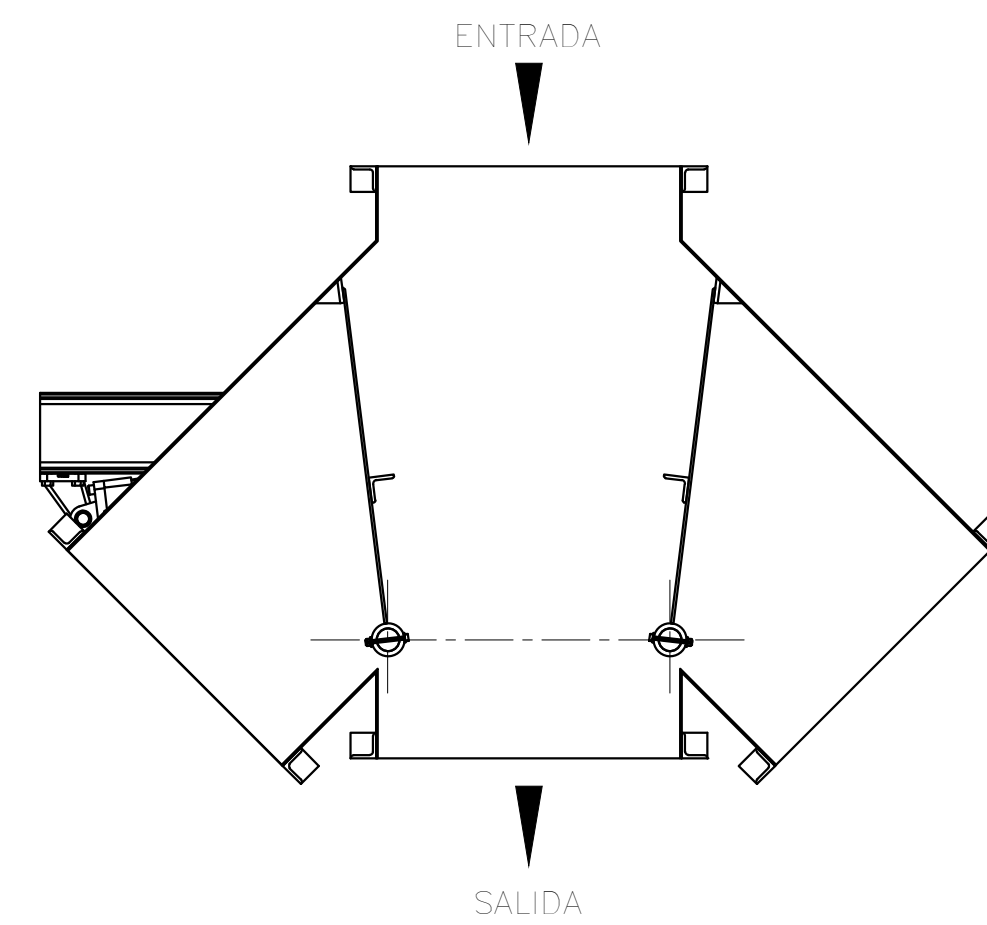
DETALLE POS.12
PERFORA EN OBRA SEGUN
REQUERIMIENTOS
Esc. 1:10



DETALLE POS. DE
CLAPETA "A"
Esc. 1:15



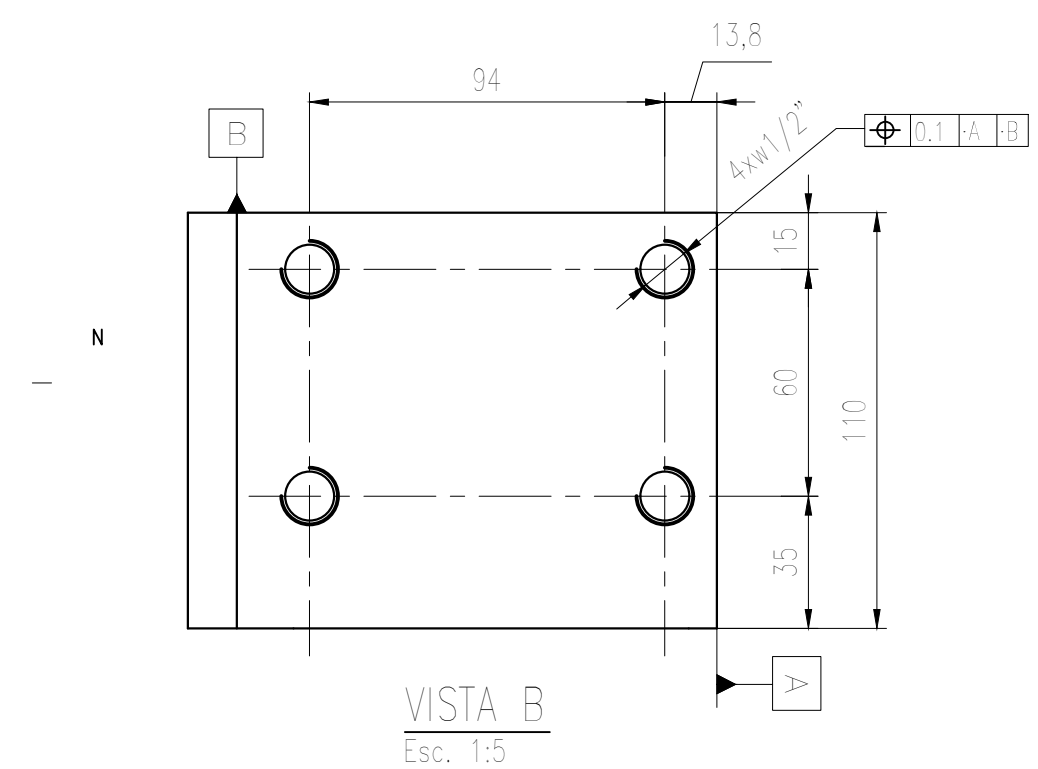
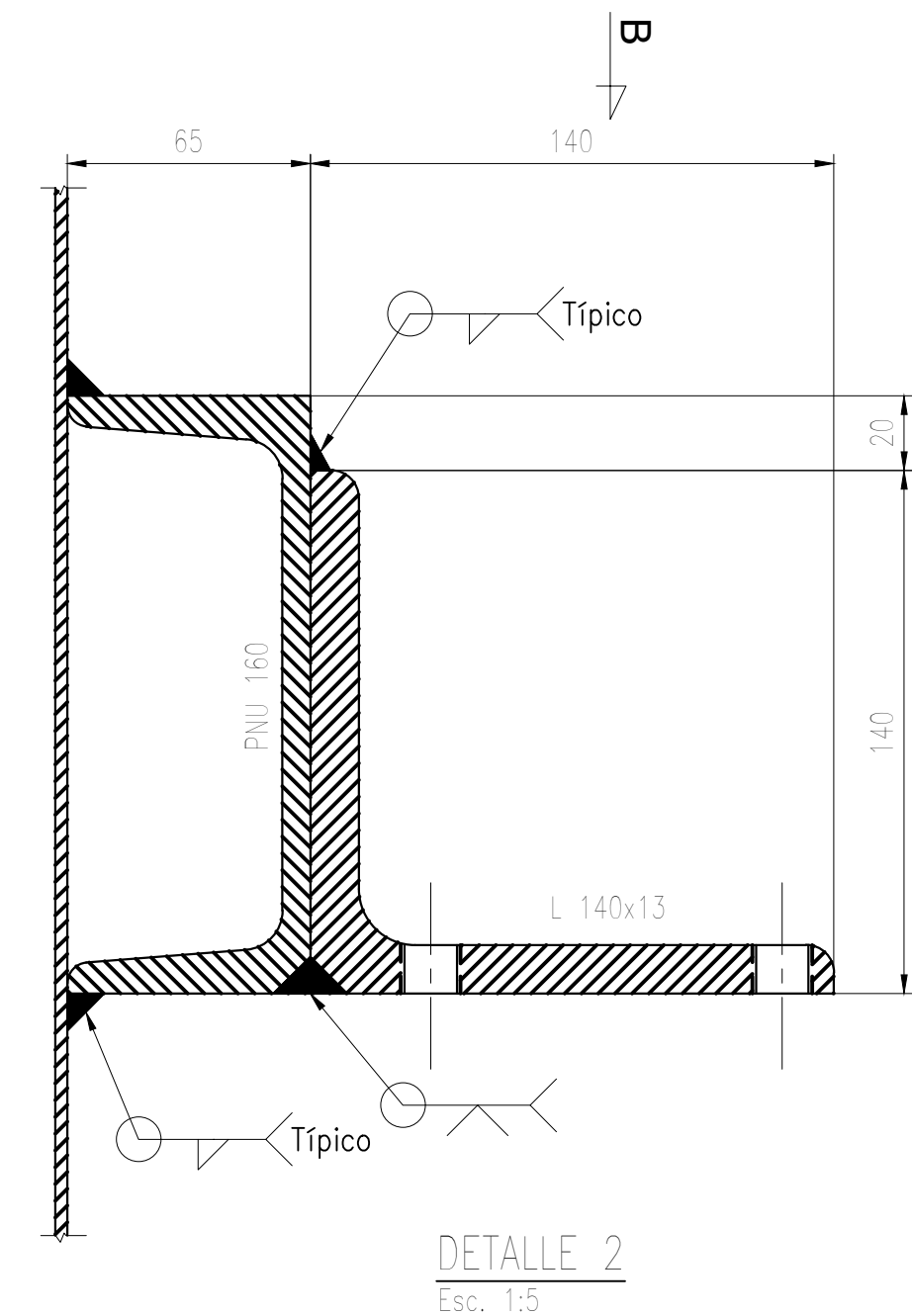
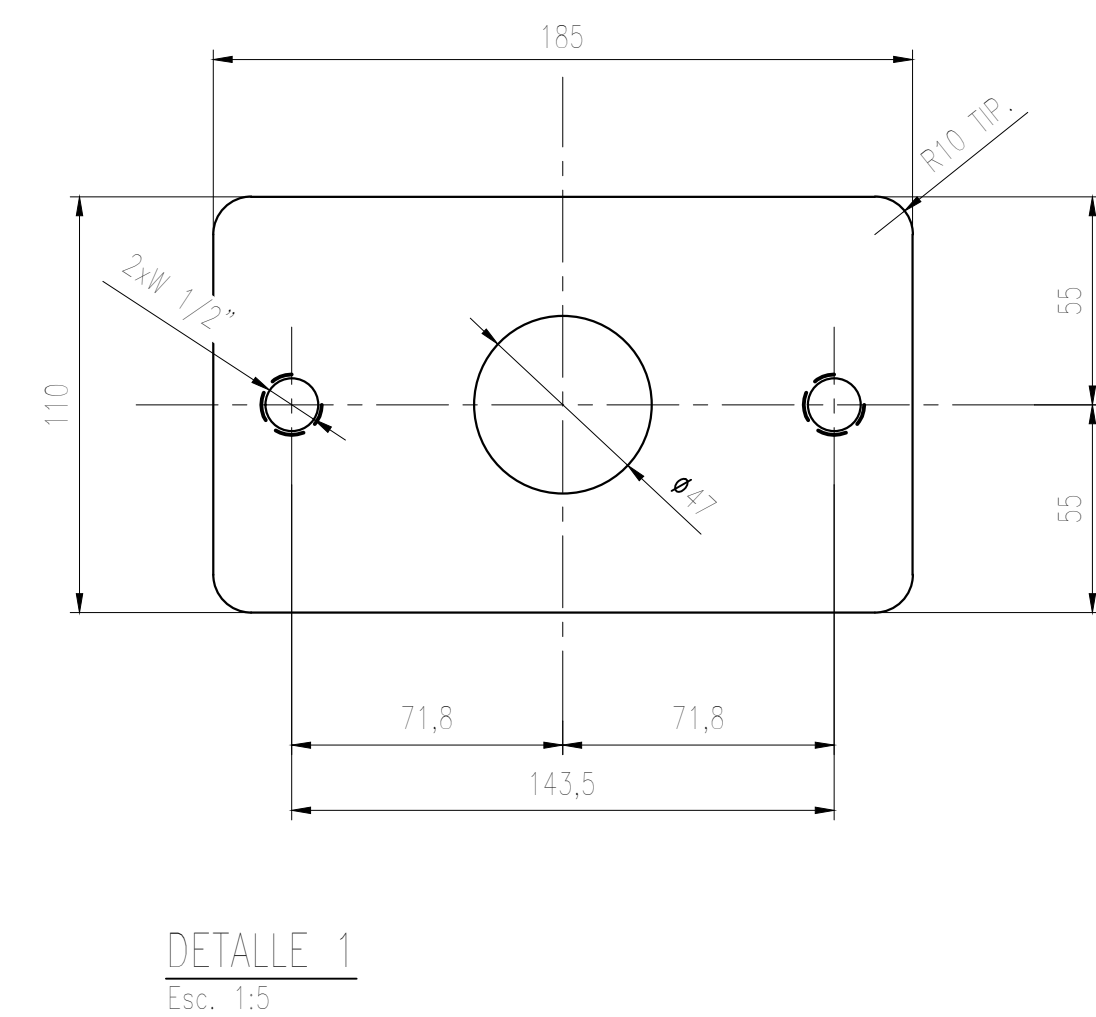
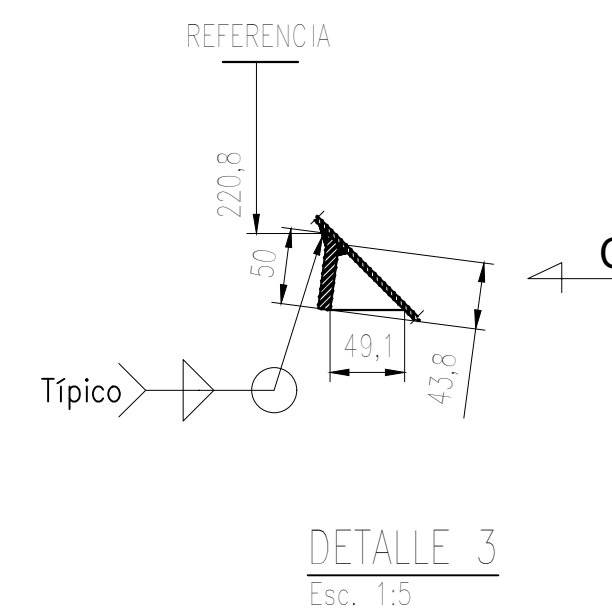
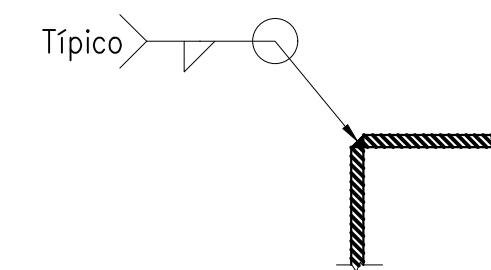
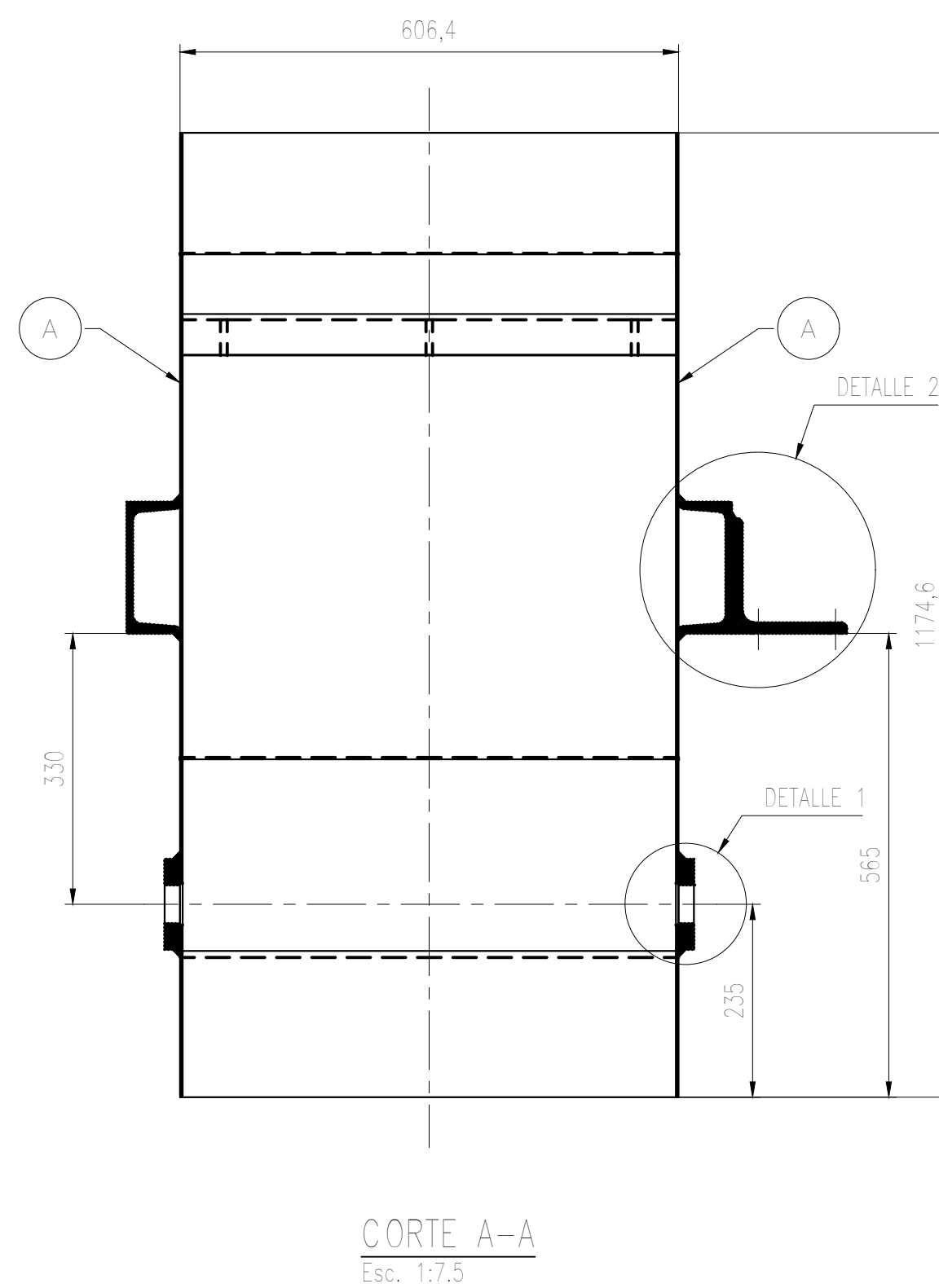
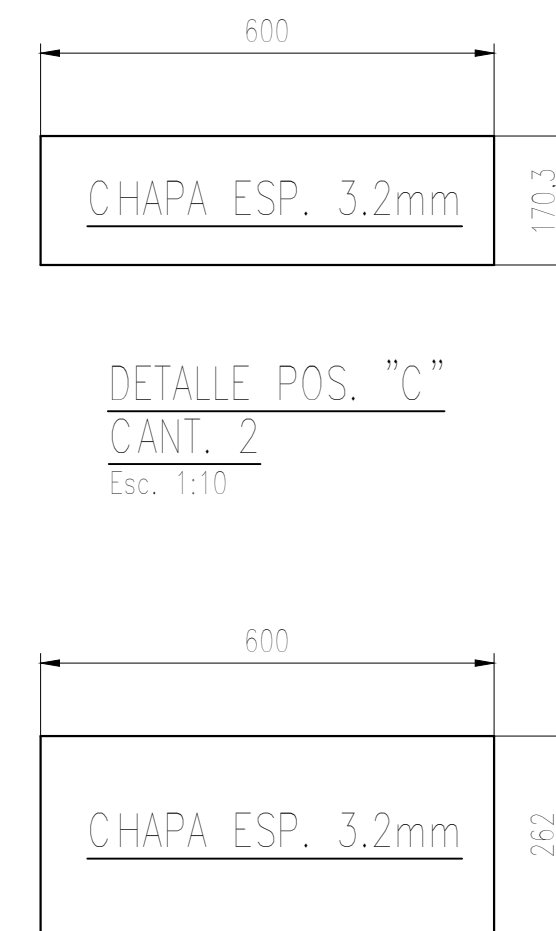
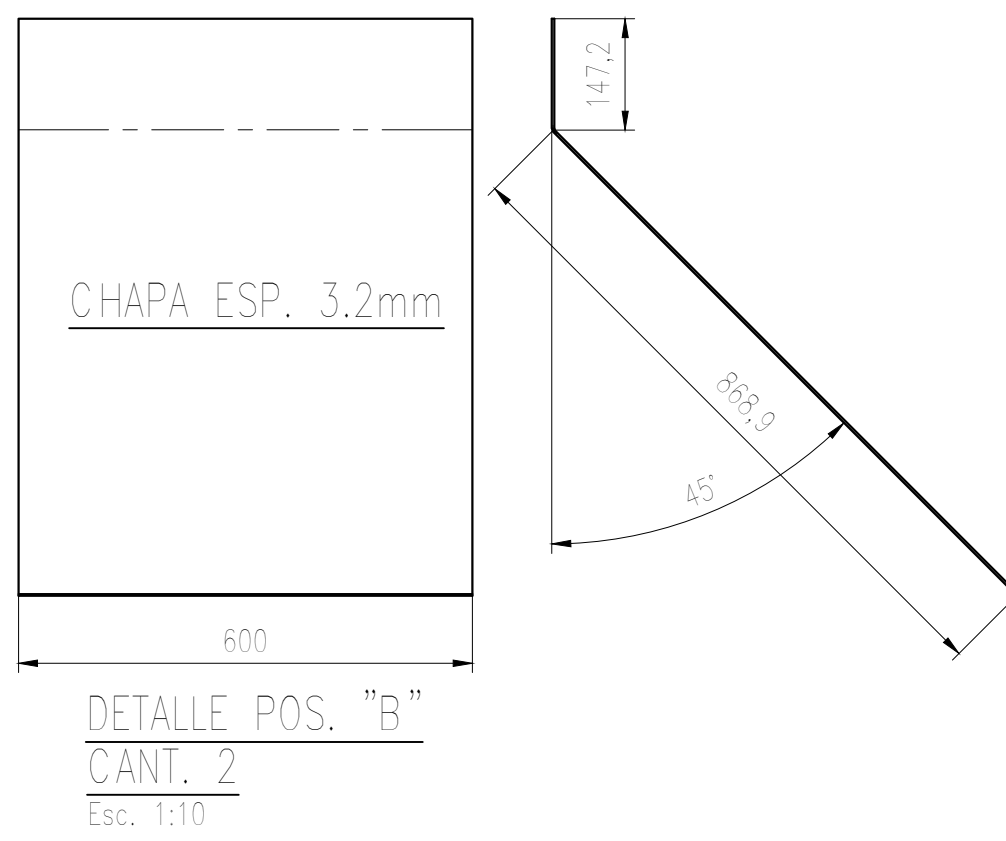
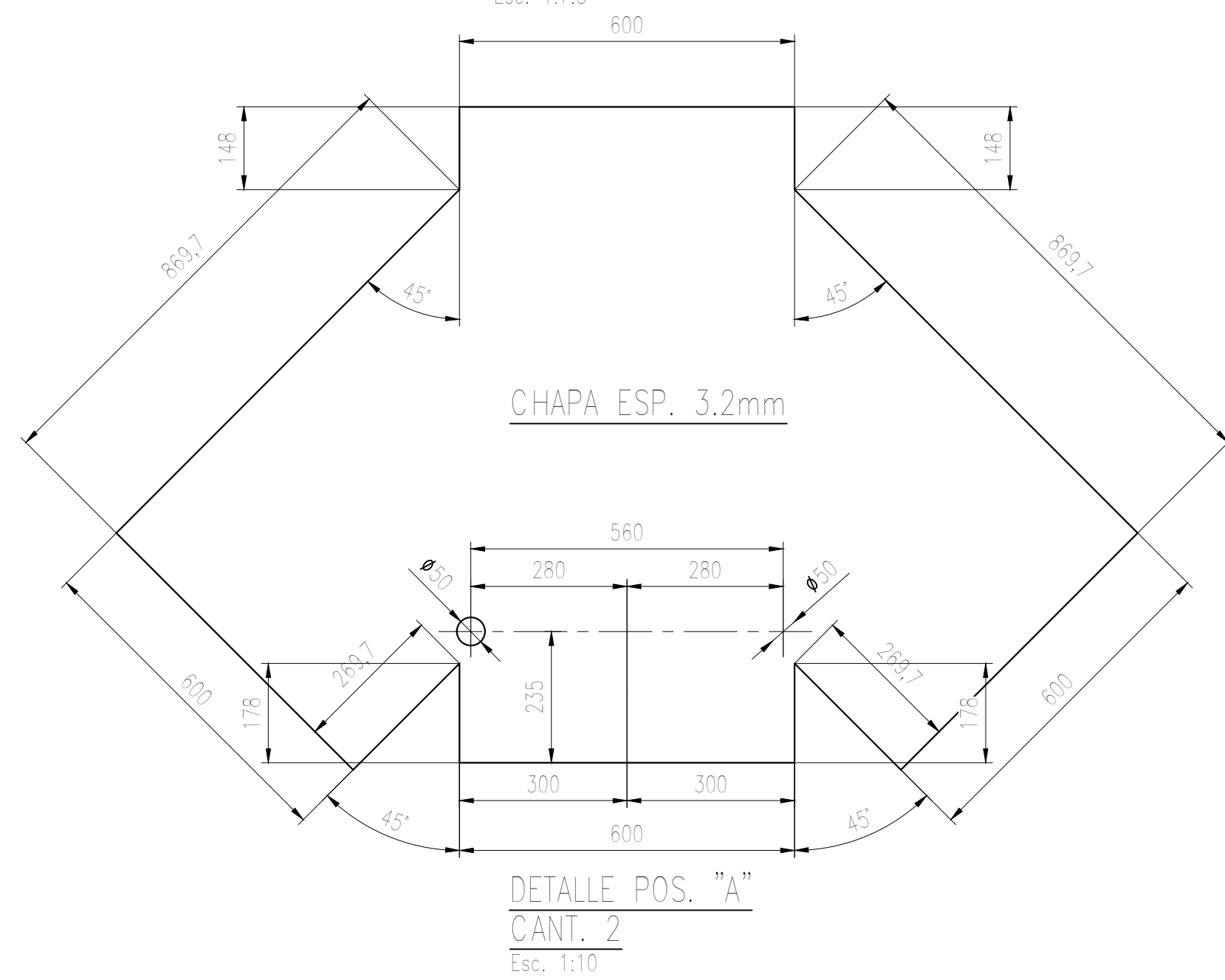
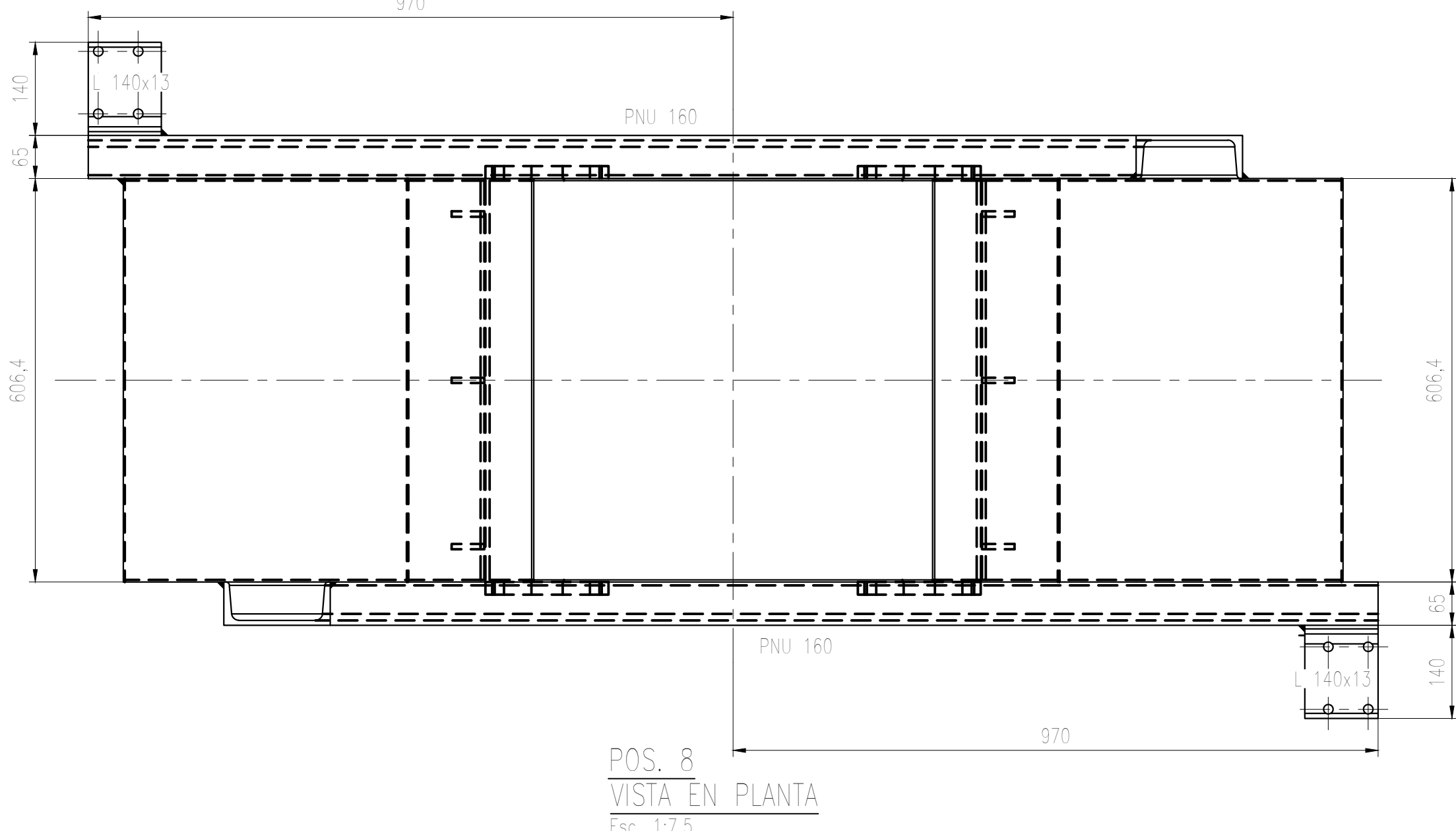
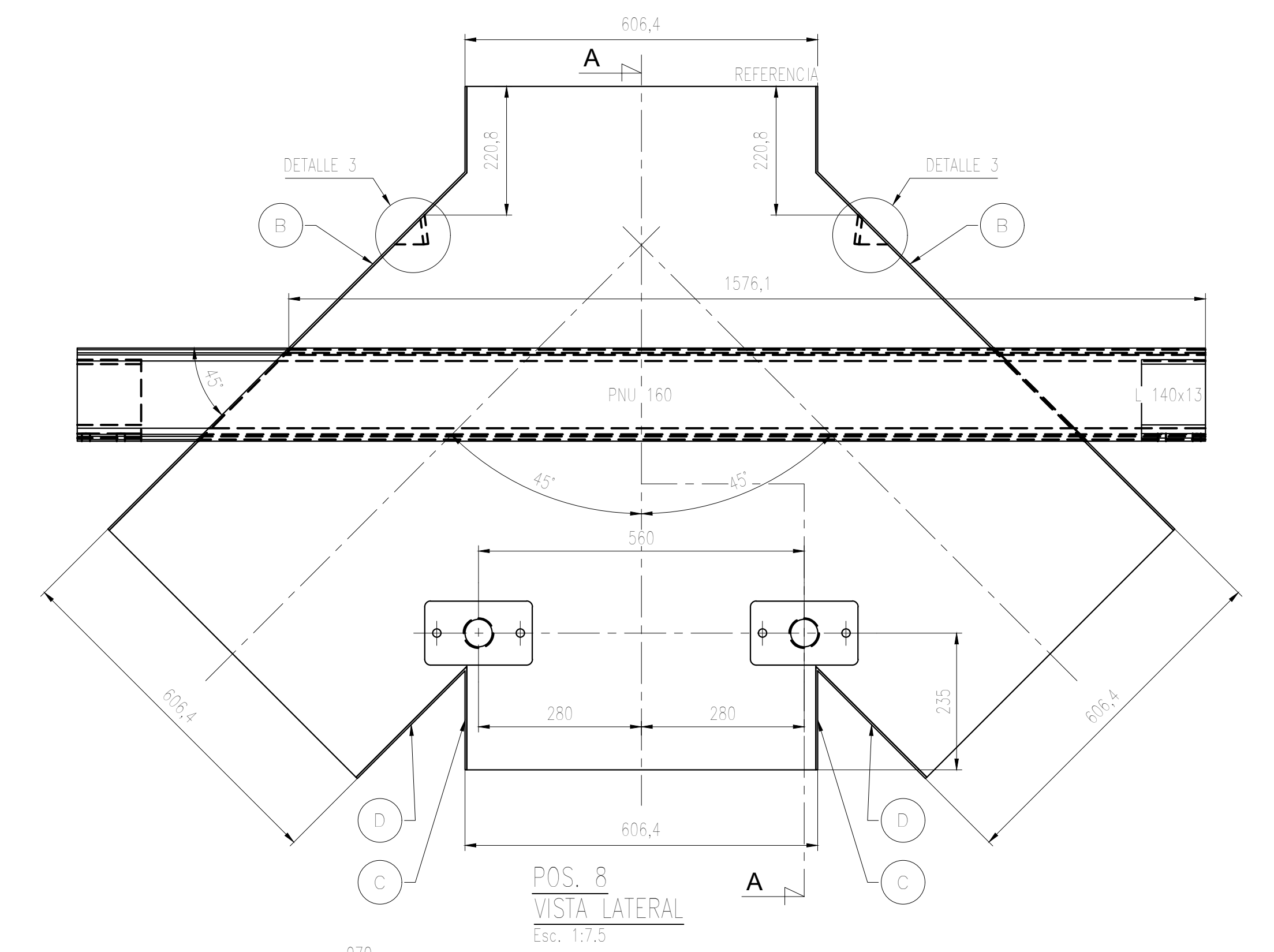
DETALLE POS. DE
CLAPETA "B"
Esc. 1:15



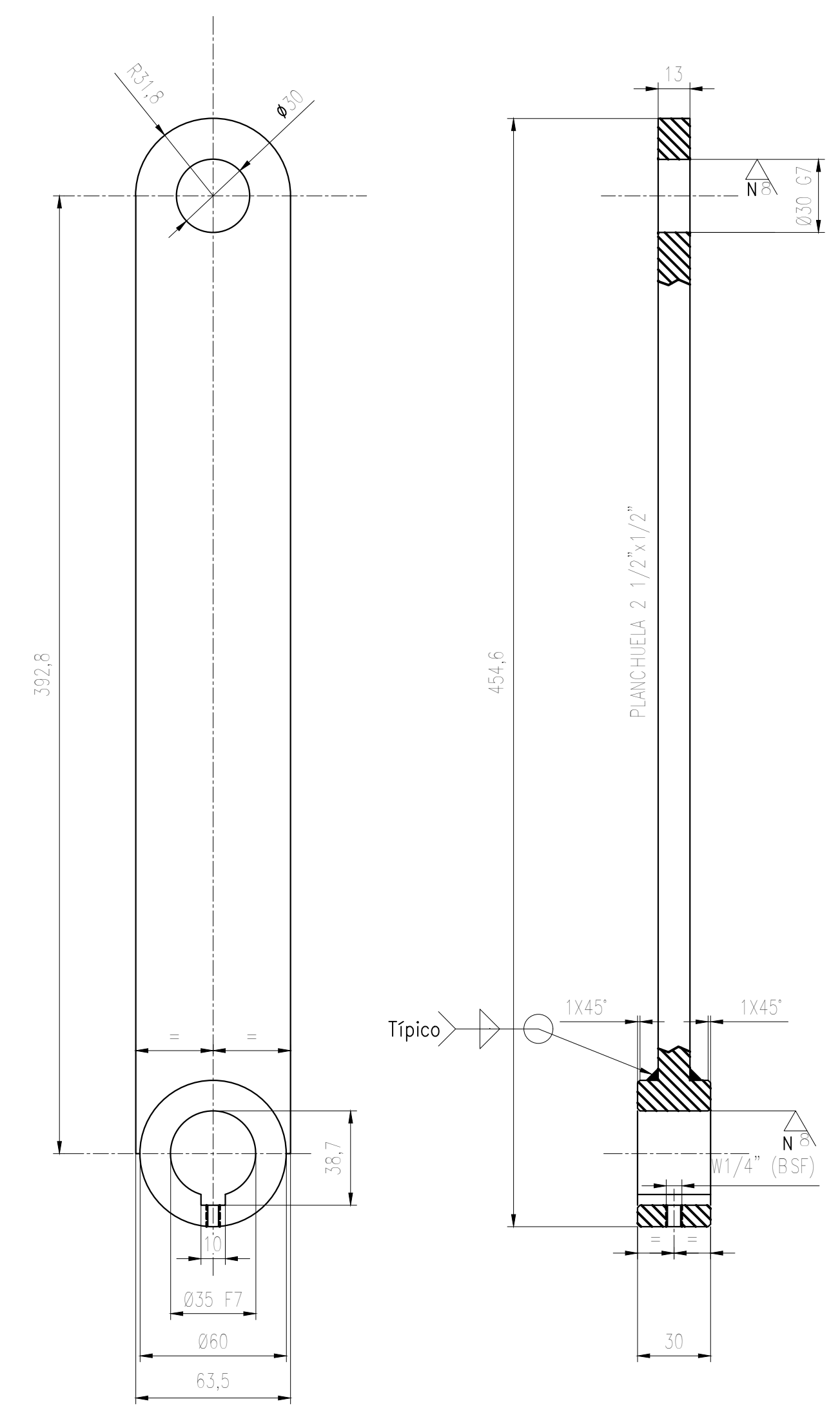
DETALLE POS. DE
CLAPETA "C"
Esc. 1:15

LISTA DE MATERIALES				
POS	DENOMINACION	CANT	MARCA/MAT	OBSERVACIONES
1	CILINDRO DOBLE EFECTO 0,052,230,300	2	MICRO	ISO15552-VDMA24 562/SERIE CN10
2	BASCULANTE TRASERO HEMBRA	2	MICRO	
3	BASCULANTE TRASERO MACHO	2	MICRO	
4	PERNO DE HORQUILLA	2	MICRO	
5	PERNO PARA BASCULANTE TRASERO	2	MICRO	
6	HORQUILLA PARA VASTAGO	2	MICRO	
7	SOPORTE CON RODAMIENTO PESTAÑA OVALADA	4	SKF	FYTB-40-WF
8	CLAPETA	2	AISI 304	VER PL 003
9	EJE/CHAVETA	2 C/U	AISI 304	VER PL 003
10	PALANCA	2	AISI 304	VER PL 003
11	CUERPO DE 3 VIAS	1	AISI 304	VER PL 002
12	BRIDAS	4	F-24	VER ESTE PLANO
13	PUERTA INSPECCION	2	AISI 304	VER TIP. BUNJE

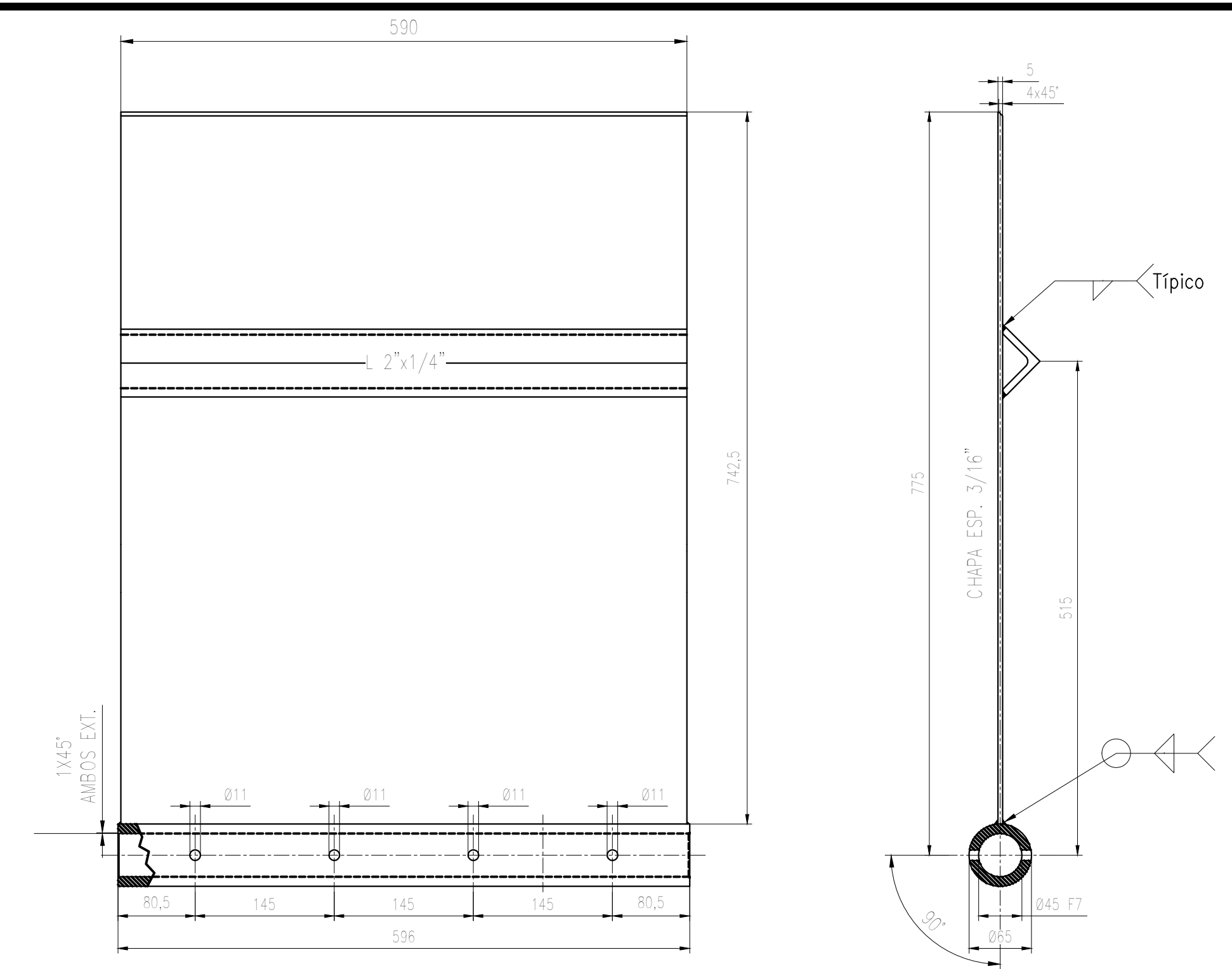
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACION
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		VALVULA DE 3 VIAS CONJUNTO		
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	N° 001
APROBO	25/06/23	C. RAMALLO	INDICADAS	



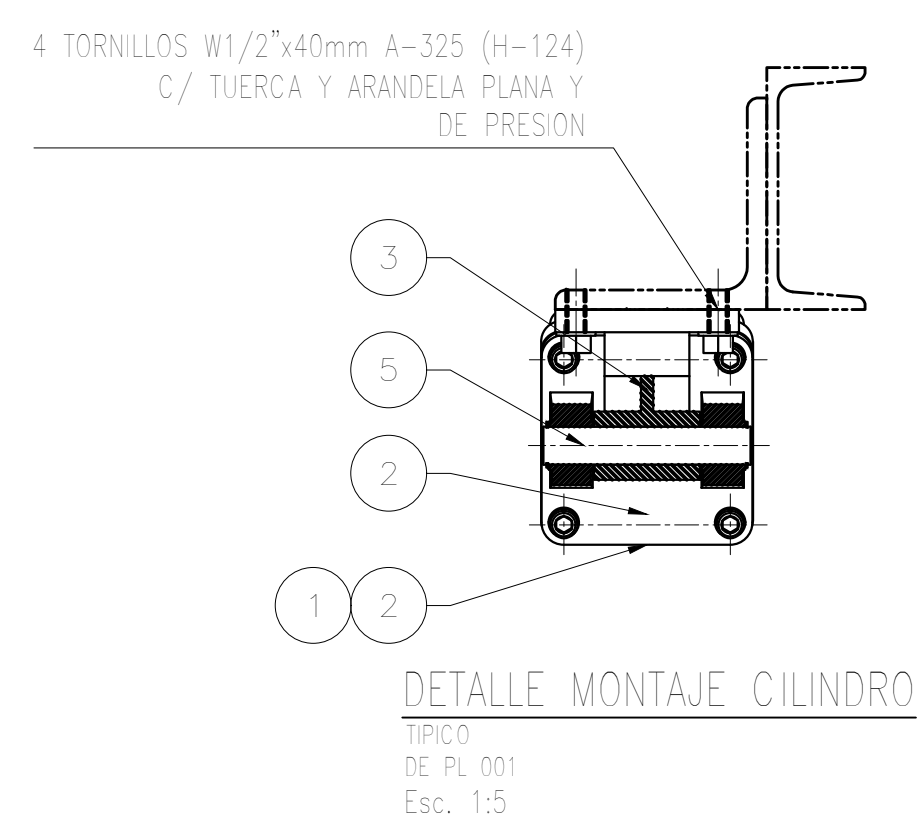
8	CHAPAS DE CUERPO	AIISI 304		
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACION
	PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO	VALVULA DE 3 VIAS PLANO DESPIECE DE CUERPO		
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	
APROBO	25/08/23	C. RAMALLO	INDICADAS	
				N° 002



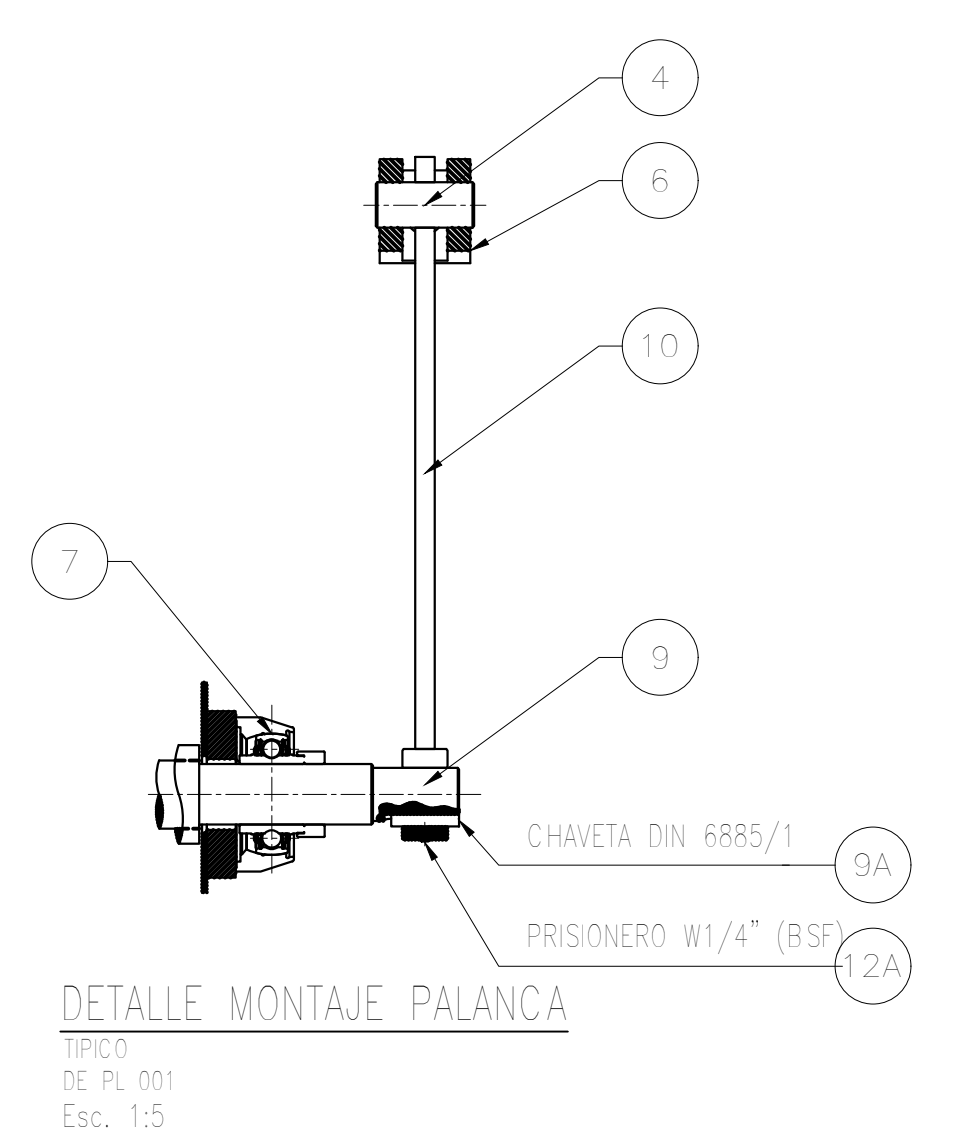
DETALLE POS.10 ()
CANT. 2
MATERIAL SAE-1045/F-24
Esc. 1:2



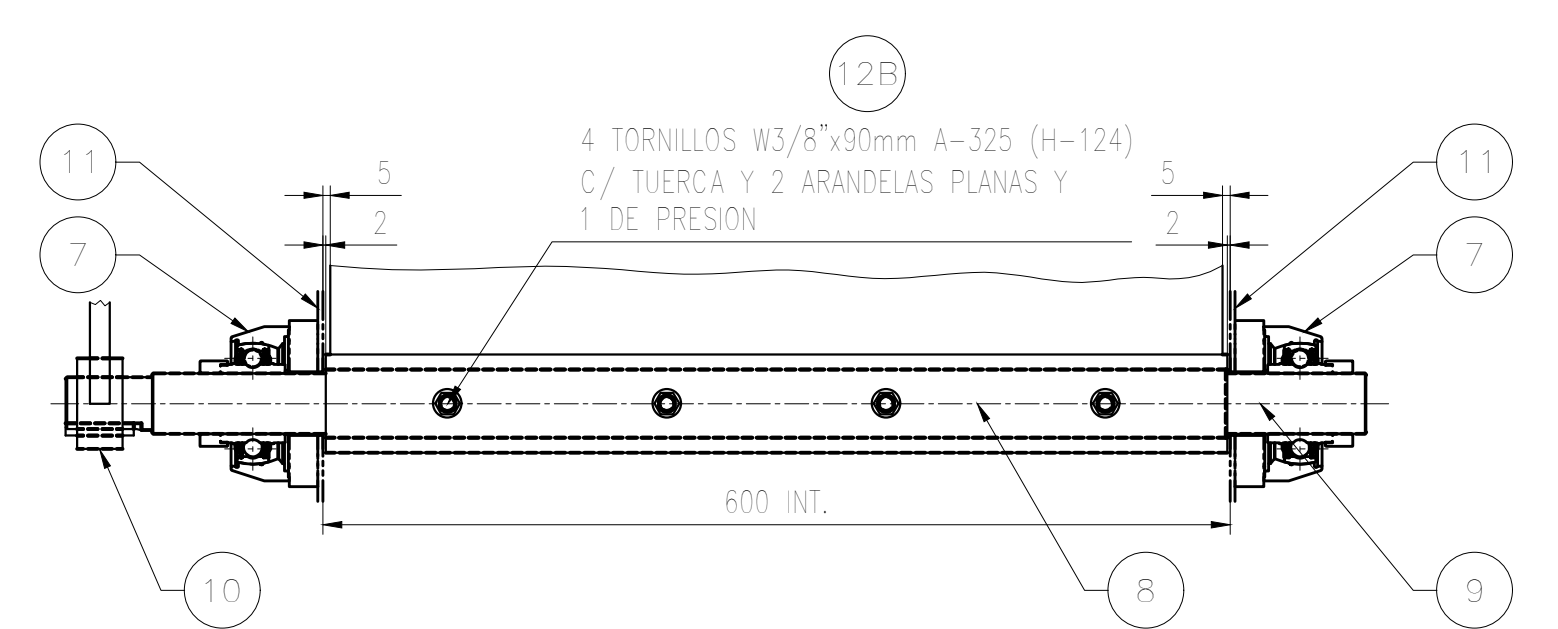
DETALLE POS.8
CANT. 2
MATERIAL SAE-1045/F-24
Esc. 1:5



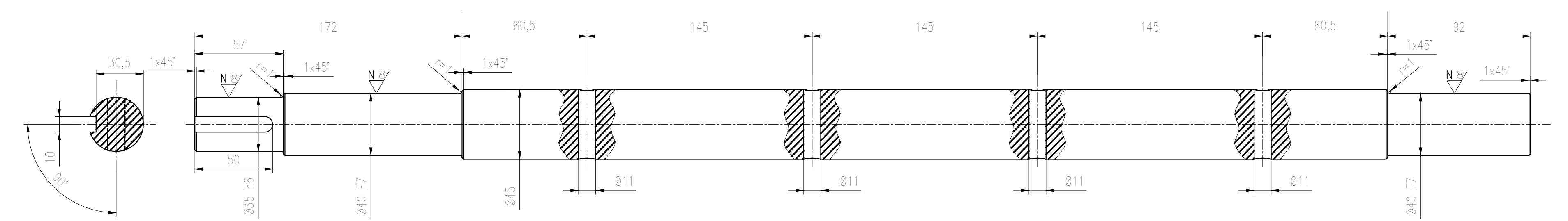
DETALLE MONTAJE CILINDRO
TÍPICO
DE PL 001
Esc. 1:5



DETALLE MONTAJE PALANCA
TÍPICO
DE PL 001
Esc. 1:5

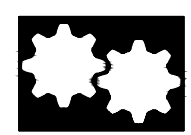


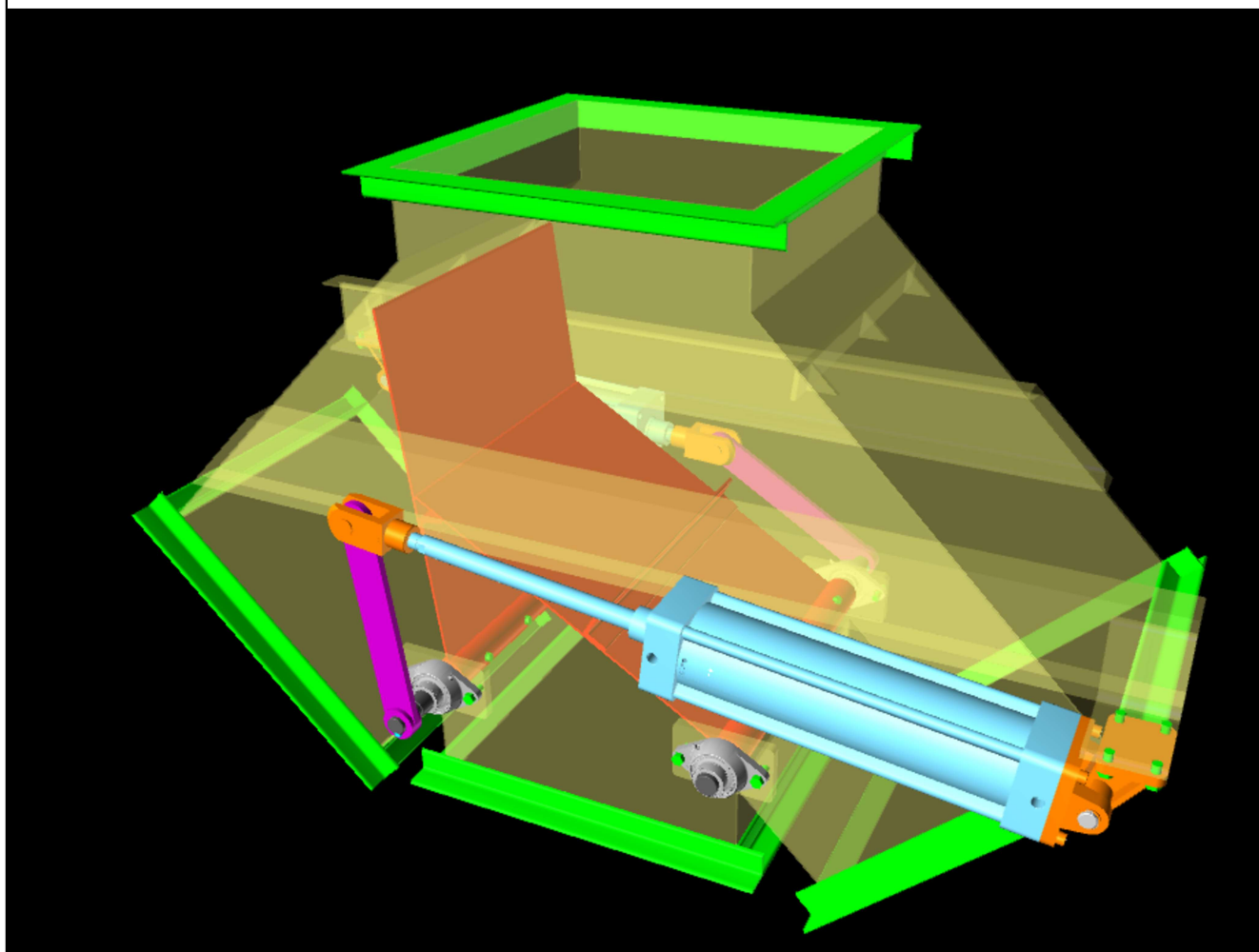
SUB-CONJUNTO ARMADO
POS. 8-9-10
Esc. 1:5

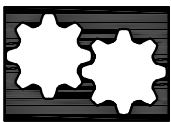
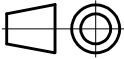


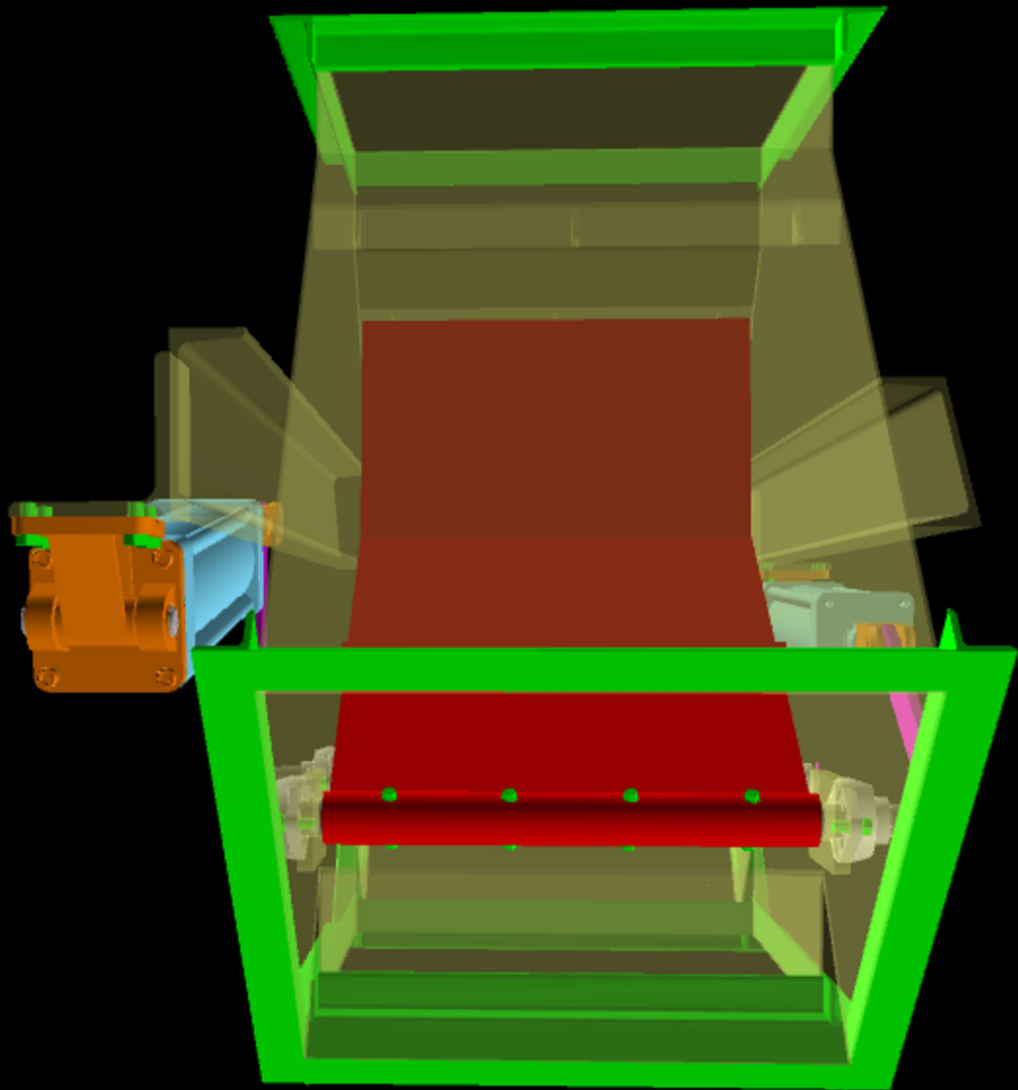
DETALLE POS.9
CANT. 2
MATERIAL SAE-1050
Esc. 1:2

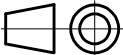
LISTA DE MATERIALES				
POS.	DENOMINACION	CANT.	MARCA/MAT	OBSERVACIONES
1	CILINDRO DOBLE EFECTO 0.052.230.300	2	MICRO	ISO15552-VDMA24 562/SERIE CN10
2	BASCULANTE TRASERO HEMBRA	2	MICRO	
3	BASCULANTE TRASERO MACHO	2	MICRO	
4	PERNO PARA HORQUILLA	2	MICRO	
5	PERNO PARA BASCULANTE TRASERO	2	MICRO	
6	HORQUILLA PARA VASTAGO	2	MICRO	
7	SOPORTE CON RODAMIENTO PESTAÑA OVALADA	4	SKF	FYTB-40-WF
8	CLAPETA	2	AISI 304	VER ESTE PL
9	EJE	2	AISI 304	VER ESTE PL
9A	CHAVETA DIN 6885-1	2	AISI 304	VER ESTE PL
10	PALANCA	2	AISI 304	VER PL 003
11	CUERPO DE 3 VIAS	1	AISI 304	VER PL 002
12A	PRISIONERO W1/4" BSF	1	A'C'	
12B	TORNILLO W3/8"x90mm A-325 (H-124) C/ TUERCA Y 2 ARANDELAS PLANAS Y 1 DE PRESION	4	A'C'	

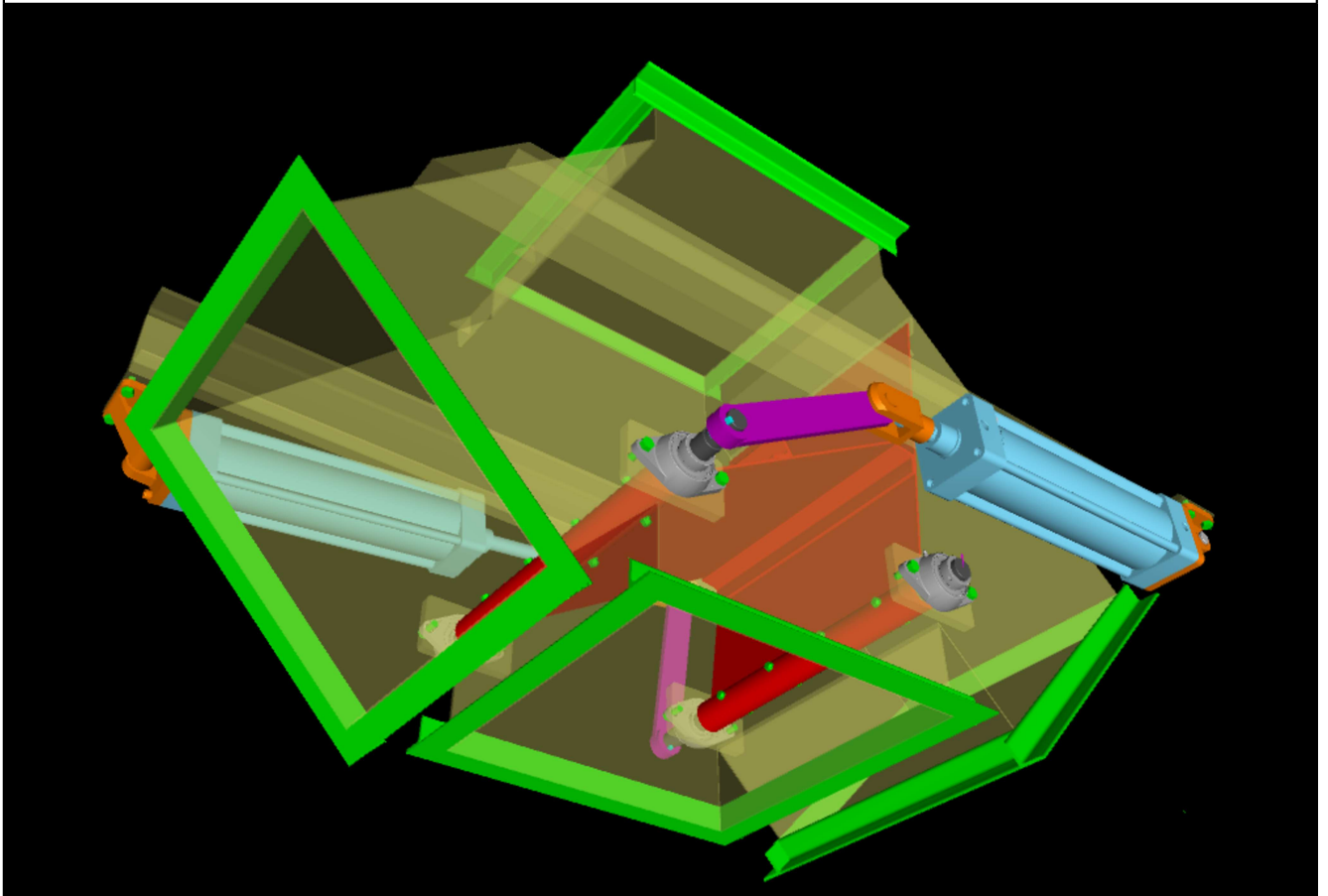
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	OBSERVACION
 PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		VALVULA DE 3 VIAS DETALLE DE EJE Y CLAPETA		
DIBUJO	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	N° 003
APROBO	26/08/23	C. RAMALLO	INDICADAS	

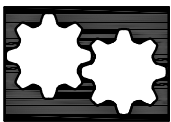
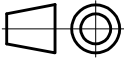


POS.	DENOMINACION		MATERIAL	CANT.
	 DIBUJO MECANICO I Y II ESCUOLA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		VALVULA DE 3 VIAS MAQUETA V1	
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	
DIBUJO	21/09/23	C.RAMALLO	1:1	
APROBO			 N° 1 DE 3	



POS.	DENOMINACION			MATERIAL	CANT.	OBSERVACION
 DIBUJO MECANICO I Y II ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				VALVULA DE 3 VIAS MAQUETA V2		
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS S/E		N°	2 DE 3
DIBUJO	21/09/23	C.RAMALLO				
APROBO						



POS.	DENOMINACION		MATERIAL	CANT.
	 DIBUJO MECANICO I Y II ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO		VALVULA DE 3 VIAS MAQUETA V3	
	FECHA	NOMBRE	ESCALAS	
DIBUJO	21/09/23	C.RAMALLO	 N° 3 DE 3	
APROBO				
			S/E	