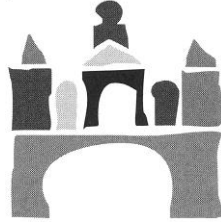


**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE BURGOS**



**Diseño de recipientes de sólidos según la
normativa europea, mediante el
código de diseño “AD-MERKBLATT”.**

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL MECÁNICA

AUTOR:

Samuel Calvo Temiño

TUTORES:

**Isidoro Iván Cuesta Segura
Jesús Manuel Alegre Calderón**

FEBRERO 2012



ÍNDICE

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. Antecedentes y justificación
 2. Objeto
 3. Marco legal del almacenamiento de azúcar
 4. Descripción de las instalaciones
 - 4.1 Ubicación
 5. Descripción del producto almacenado y clasificación
 - 5.1 Descripción del azúcar
 - 5.1.1 Características
 6. Descripción y justificación de la solución adoptada
 - 6.1 Almacenamiento del azúcar
 - 6.1.1 Descripción general
 - 6.1.2 Depósito de almacenamiento
 7. Descripción del entorno de la instalación del depósito
 - 7.1 Obra civil
 - 7.1.1 Cimentaciones
 8. Seguridades
 - 8.1 Contra derrame
 - 8.2 Nivel máximo
 - 8.3 Sobre presión
-



- 8.4 Vacío
- 8.5 Explosiones
- 9. Garantía
- 10. Presupuesto

MEMORIA CONSTRUCTIVA

- 1. Construcción
 - 2. Acabados
 - 3. Materiales
 - 4. Geometría
 - 5. Accesorios
 - 6. Datos técnicos
 - 7. Procedimientos constructivos
 - 7.1 Trazado
 - 7.2 Corte
 - 7.3 Curvado
 - 7.4 Plegado
 - 7.5 Embutido
 - 7.6 Torneado
 - 7.7 Soldado
 - 7.8 Pulido
-



- 7.9 Pasivado
- 8. Inspección y control de fabricación
 - 8.1 Recepción de materiales
 - 8.2 Control intermedio
 - 8.3 Control final
- 9. Pruebas a presión

ANEJOS A LA MEMORIA

- 1. Anejo de datos de partida
 - 2. Anejo de cálculos
 - 2.1 Datos de partida
 - 2.2 Envoltentes sometidas a presión interior
 - 2.3 Cálculo de espesores utilizando el código de diseño AD-MERKBLATT
 - 2.4 Cálculo estructural en caso de explosión ATEX
 - 2.5 Cálculo de volúmenes, longitudes y pesos
 - 2.6 Cálculos de soldadura
 - 3. Justificación de precios
-



PLANOS

1. Emplazamiento
2. Silo
3. Rejilla anticafda+ brida panel de explosión+ junta neopreno 3mm+ contrabrida
4. Brida+ junta para filtro de mangas
5. Brida soporte para colocar extractor vibrante+ cartelas
6. Tubo 300x304 + brida + junta de neopreno + tapa ciega para válvula de seguridad
7. Tubo 110,3x114,3 + brida + junta de neopreno + contrabrida para entrada de producto
8. Cartelas
9. Conexión interruptor nivel

PRESUPUESTO

PLIEGO DE CONDICIONES

1. Diseño
 2. Materiales
 3. Fabricación
 4. Inspección y ensayos
-



INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL MECÁNICA

Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

MEMORIA



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Grupo Siro es uno de los mayores grupos industriales del sector de la alimentación en España. Con capital íntegramente español y más de 3.600 colaboradores, Grupo Siro está presente en seis negocios de alimentación, ocupando una posición relevante en cada uno de ellos: galletas, pasta, pan de molde, bollería, pastelería e I+D+i, con una producción de 271 millones de kilos al año y una facturación de 410 millones de €.

En el mercado de las galletas, Grupo Siro destaca como grupo industrial especializado en galletas de alto valor añadido. La apuesta de Grupo Siro se centra en aplicar la máxima innovación y desarrollo en todas las tecnologías. Fruto de esta apuesta se deriva la construcción de una nueva fábrica en Aguilar de Campoo (Palencia), que será dotada con la infraestructura necesaria para un funcionamiento totalmente autónomo. En consecuencia, Grupo Siro ha encargado a la empresa “Intedas” la construcción de 6 silos de almacenaje de sólidos granulares, uno de ellos de azúcar, objeto del presente proyecto.

En la actualidad, el diseño de silos se encuentra regulado por la normativa UNE-ENV 1991-4:2006, que permite la utilización de diversos códigos de diseño entre los que se encuentra el AD-MERKBLATT. Será este código de diseño el empleado para la proyección del silo citado anteriormente. A su vez, será necesario el cumplimiento de las normas que deben tener las nuevas instalaciones según lo establecido en el Reglamento de Almacenamiento aprobado por Real Decreto 1052/2003, de 1 de agosto, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria sobre determinados azúcares destinados a la alimentación humana, y en las Instrucciones Técnicas Complementarias correspondientes.

Entre los datos de partida suministrados por Grupo Siro a “Intedas” cabe destacar los siguientes:

- La capacidad del silo de azúcar será de 175.000 litros.
- La empresa suministradora de azúcar es Azucarera Ebro, principal productor de azúcar en España.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

- El silo estará ubicado dentro de una nave completamente cerrada, por lo que las acciones de viento y nieve no será necesario tenerlas en cuenta a la hora del diseño.
- Altura máxima del depósito: 16 metros.

2 OBJETO

El presente proyecto tiene por objeto definir y diseñar un silo para el almacenamiento de azúcar blanco o cristalino, bajo la normativa europea UNE-ENV 1991-4:2006, haciendo uso del código de diseño AD-MERKBLATT. Dicho silo contará con una capacidad de 175.000 litros y una altura y diámetro aproximados de 16 y 4 metros respectivamente. El material empleado en la construcción del silo será un acero inoxidable 304, empleado comúnmente en este tipo de depósitos, debido en parte a su excelente relación calidad-precio.

3 MARCO LEGAL DEL ALMACENAMIENTO DE AZÚCAR.

El acopio o acumulación de productos puede realizarse en bolsas o en silos o tolvas. Cuando se necesita acopiar materias primas en grandes cantidades, Prillwitz recomienda la utilización de silos ya que estos poseen las siguientes ventajas: ocupan menos espacio, facilitan la limpieza y requieren menor cantidad de personal. Al combinarlos con sistemas automatizados de extracción y alimentación de producto a la línea de producción, la necesidad de personal se reduce aún más, reduciendo también la probabilidad de que existan errores humanos.

Se puede optar entre un silo flexible de tela trevira para uso interior; un silo metálico y desarmable para uso también interior; o bien, si se necesita almacenar productos harinosos a la intemperie, el silo metálico para uso exterior, será el más aconsejable. Estos últimos pueden construirse en acero con diferentes terminaciones, e inclusive, en acero inoxidable

Desde hace unas décadas, la regulación de la producción de azúcar se ha hecho cada vez más necesaria como consecuencia de la mejora y aumento de los cultivos, así



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

como el avance y perfeccionamiento en la tecnología para su manipulación. El necesario almacenamiento de grandes cantidades de azúcar a granel, para su posterior elaboración, conlleva la existencia de silos de capacidad entre 40.000 y 75.000 toneladas. Éstos pueden ser construidos en acero u hormigón, siendo este último caso el más usual, y, dentro de éstos, la mayor parte son cilíndricos postensados ejecutados mediante técnicas de encofrados deslizantes. A estas realizaciones, notablemente especiales, nos vamos a referir en este estudio.

La pared cilíndrica de estos silos tiene una altura entre 25 y 30 metros, variando su diámetro interior entre 45 y 55 metros y con un espesor de pared comprendido entre 0,30 y 0,50 m. El volumen almacenado está, como hemos indicado, entre 40.000 y 75.000 toneladas. Actualmente existen en la Península Ibérica más de ocho silos de estas características. Las cubiertas cónicas tienen una inclinación aproximada de 40° y estructuralmente están resueltas en solución metálica o de madera adecuadamente tratada. La cimentación se ajusta a las recomendaciones y exigencias del Informe Geotécnico y, en función del mismo, se adoptan soluciones pilotadas o de cimentación directa mediante losas anulares o circunferenciales.

La Reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración almacenamiento, transporte y comercialización de los azúcares destinados al consumo humano fue aprobada por el Real Decreto 1261/1987, de 11 de septiembre, e incorporaba a nuestro ordenamiento jurídico la Directiva 73/437/CEE del Consejo, de 11 de diciembre de 1973, relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre ciertos azúcares destinados al consumo humano.

La citada Directiva 73/437/CEE se justificaba por el hecho de que las diferencias existentes entre las legislaciones nacionales respecto a determinadas categorías de azúcares podían crear condiciones de competencia desleal, lo que podía inducir a engaño a los consumidores, y repercutían por ello de forma directa en la realización y funcionamiento del mercado común.

La Directiva 73/437/CEE tenía, pues, por objeto establecer definiciones y normas comunes sobre las características de elaboración, envasado y etiquetado de dichos productos, a fin de garantizar su libre circulación dentro de la Comunidad Europea.

Desde 1989 la legislación horizontal alimentaria aplicable a todos los productos alimenticios que circulan en el comercio intracomunitario se ha desarrollado para



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

conseguir un alto grado de protección de la salud de los consumidores, especialmente en las materias relativas a la higiene, materiales en contacto con los alimentos, aditivos, contaminantes y etiquetado.

En este sentido, se han revisado las directivas verticales que afectan a determinados productos alimenticios (higiénicos) para simplificarlas, y se han suprimido en ellas todos aquellos aspectos, que están cubiertos por la mencionada legislación comunitaria, relacionados con la salud, mediante la adaptación de los requisitos de etiquetado a los establecidos en la Directiva 2000/13/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de marzo de 2000, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros en materia de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios, y a determinados requisitos específicos.

La Directiva 73/437/CEE se ha simplificado y ha sido sustituida por la Directiva 2001/111/CE del Consejo, de 20 de diciembre de 2001, relativa a determinados azúcares destinados a la alimentación humana.

Este Real Decreto tiene por objeto incorporar al ordenamiento jurídico la citada Directiva 2001/111/CE, y para ello se simplifica la legislación actual, que se limita a establecer definiciones y denominaciones, así como el etiquetado específico de los azúcares cubiertos por dicha directiva. Además, dichos azúcares deberán cumplir todas las disposiciones generales aplicables y, en particular, las relativas a la seguridad alimentaria y al control oficial de los productos alimenticios.

Por otra parte, se deroga el citado Real Decreto 1261/1987, a excepción de lo establecido en los párrafos a y b de su artículo 2, relativos al azúcar terciado (amarillo) y al azúcar moreno de caña, respectivamente, así como lo establecido en sus artículos 2 y 3 sobre límites de arsénico, cobre y plomo, siempre que los productos en cuestión aún no tuvieran fijados dichos límites en la legislación de la Unión Europea, y excepto los apartados 1.2 y 2.2 de su artículo 10 sobre coadyuvantes tecnológicos (son sustancias que no se consumen como ingredientes alimenticios o como alimentos). No obstante, en el caso de que la industria vaya a utilizar otros coadyuvantes tecnológicos que se estén usando en otros Estados miembros, serán objeto de evaluación previa a su uso por parte del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

4 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

4.1 UBICACIÓN

La fábrica donde va a ser colocado el silo, se encuentra en Aguilar de Campoo (Palencia).

Con objeto de localizar con exactitud la ubicación de la panta del Grupo Siro, en los planos se incluyen:

- a) Mapa Geográfico de Situación, (Plano 1: EMPLAZAMIENTO).

5 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO ALMACENADO Y CLASIFICACIÓN

5.1 DESCRIPCIÓN DEL AZÚCAR

5.1.1 CARACTERÍSTICAS

Las características principales del azúcar son:

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| • Nombre | Azúcar blanco o cristalino |
| • Denominación usual | Azúcar |
| • Identificación del peligro | Nulo |
| • Densidad a 20 °C | 1,587 gr/cm ³ |
| • Color | Blanco |
| • Punto de fusión | 185,85 °C |
| • Punto de descomposición | 185,85 °C |



6 DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

6.1 ALMACENAMIENTO DEL AZÚCAR

6.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

La capacidad de almacenamiento de azúcar del silo diseñado en el presente proyecto es de 175.000 litros atmosférico. Dicho silo, pesa 150tn y 13tn en vacío.

6.1.2 DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO

Se trata de un depósito vertical expuesto exteriormente a las inmediaciones de Aguilar de Campoo de 175.000 litros de capacidad para contener azúcar cristal.

Tendrá unas dimensiones de 4.000 mm de diámetro por 16.000 mm de altura. Construido en acero inoxidable austenítico del tipo 304 resistente y a las condiciones atmosféricas y diseñado y calculado con la nueva normativa europea. La forma del cuerpo es cilíndrica con fondo toriesférico de tipo Koppler. Para consultar los espesores y cargas de cada una de las partes ver Anejo de cálculos.

El depósito dispone de indicador de nivel local que permite controlar el volumen almacenado y de una escalera de gato con plataforma de descanso para acceder al techo del mismo.

El depósito dispondrá para su perfecto funcionamiento de los siguientes accesorios (ver: Anejo de planos).

- Conexión brida diámetro 670mm para filtro.
- Conexión brida cuadrada 1000x1000 para panel de venteo.
- Rejilla debajo del panel.
- Brida entre DN150 y DN250 para válvula de seguridad.
- Boca de hombre zorzini T/500 con rejilla.
- Conexión brida entre DN100 y DN150 para entrada de producto.
- Juego de orejetas de izado necesarias.
- Sufridera perimetral.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

- Conexión 2” para interruptor de nivel.
- Soporte.
- Placa de características.
- Conexión brida soporte para extractor vibrante (salida diámetro 1800mm).
- Puerta en el fondo inferior zorcini IS200.

Para todas estas bridas se han escogido bridas planas y ciegas según las especificaciones de la UNE-EN 1092-1 sobre bridas de acero, además todas ellas llevarán su correspondiente junta de asentamiento.

Todos ellos especificados en el Pliego de condiciones.

La unión de los accesorios y las partes que constituyen el depósito se llevará a cabo mediante soldadura con electrodo revestido y se realizará un radiografiado completo para asegurar la adecuada unión de los elementos mediante soldadura.

7. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO DE LA INSTALACIÓN DEL DEPÓSITO

7.1 OBRA CIVIL

La normativa sobre obra civil está regulada por la ITC-MIE-APQ-1 Capítulo 3.

7.1.1 CIMENTACIONES

El terreno de la planta de Aguilar de Campoo se encuentra en una zona llana, sin accidentes naturales que puedan presentar riesgos de desprendimientos de tierras ni arrastres de aguas.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño "AD-MERKBLATT".

8 SEGURIDADES

8.1 CONTRA DERRAME

El depósito cuenta con un interruptor de nivel contra derrame In30.10. Cuando detecta producto da una señal y se cierra la válvula de entrada de producto EV30.10. También emitirá una señal acústica.

8.2 NIVEL MÁXIMO

El depósito dispone de un transmisor de nivel TN30.10 para el control del volumen máximo antes de llegar al interruptor contra derrame.

8.3 SOBREPRESIÓN

Válvula de seguridad tarada a 3 bar.

Disco de ruptura que se empleará cuando sea necesario desalojar un caudal superior al que desaloja la válvula de seguridad.

8.4 VACÍO

Dispone de una válvula de venteo para prevenir la deformación del mismo como consecuencia de llenados, vaciados ó cambios de temperatura ambiente EV30.30.

8.5 EXPLOSIONES

Se utilizará el sistema de galería para el recubrimiento del silo, que consiste en colocar una cubierta ligera, que en el momento de la explosión no existan elementos proyectados que puedan dañar a personas. El cliente deberá aislarlo por la parte inferior. Se colocará, a su vez, peto o guarda cuerpos de 1,10m de altura alrededor del perímetro.

Se considera, gracias la norma de protección contra explosiones (RD400/1996), que el interior del silo, tolvas y filtro son zona 20. Los interiores de tuberías y sin-fin se consideran zona 21. El resto, aunque no esté clasificado, como es zona de riesgo, se recomienda realizar las instalaciones previniendo la ignición.

Se acompañará de especificaciones pertinentes (ver: Anejo de cálculos).



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

9 GARANTÍA

Se garantizará una garantía de 2 años.

10 PRESUPUESTO

Tal y como se ha detallado en el apartado “Presupuestos” y en base al “Anejo de Justificación de Precios”, el presupuesto definitivo asciende a:

45.182,25 € (CUARENTA Y CINCO MIL CIENTO OCHENTA Y DOS CON VEINTICINCO CENTIMOS DE EURO.).



1 CONSTRUCCIÓN

- Construcción alimentaria s/normas CEE.
- Esquinas con rebordeo.
- Soldaduras sistema con doble protección argón.

2 ACABADOS

- Superficie laminada en caliente.
- Soldaduras decapadas y limpias.

3 MATERIALES

- AISI-304.

4 GEOMETRÍA

- Ver planos.

5 ACCESORIOS

- Conexión brida diámetro 670mm para filtro.
- Conexión brida cuadrada 1000x1000 para panel de venteo.
- Rejilla debajo del panel.
- Brida entre DN150 y DN250 para válvula de seguridad.
- Boca de hombre zorzini T/500 con rejilla.
- Conexión brida entre DN100 y DN150 para entrada de producto.



- Juego de orejetas de izado necesarias.
- Sufridera perimetral.
- Conexión 2” para interruptor de nivel.
- Soporte.
- Placa de características.
- Conexión brida soporte para extractor vibrante (salida diámetro 1800mm).
- Puerta en el fondo inferior zorcín IS200

6 DATOS TÉCNICOS

- Cálculos s/AD-MERKBLATT.

7 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

Para la fabricación de este silo se utilizará maquinaria y herramienta exclusivamente para trabajar acero inoxidable, estando exentas de óxidos y partículas que puedan contaminar el acero inoxidable con que se trabaje. Los procedimientos para la fabricación son:

7.1 Trazado

Después de proteger las chapas con film adhesivo para que no se dañe su superficie se realiza el trazado del despiece para máximo aprovechamiento de chapa.

7.2 Corte

Se realizará por cizalla.

7.3 Curvado

Las virolas cilíndricas se conforman en curvadoras de rodillos.



7.4 Plegado

El plegado de chapas y flejes se realiza en prensas plegadoras.

7.5 Embutido

Los trabajos de embutido se subcontratan a empresas especializadas en este tipo de trabajos realizándolos generalmente en prensa.

7.6 Torneado

Se utiliza el torno.

7.7 Soldado

Las costuras longitudinales y circulares con soldadura con doble protección de argón. Los soldadores y operadores de máquinas están homologados.

7.8 Pulido

Se realiza con pulidoras manuales.

7.9 Pasivado

Todo el conjunto es pasivado (mecanismo que permiten la eliminación química de la contaminación metálica de la superficie del acero inoxidable, producida en los procesos de manipulación y fabricación de las piezas y componentes y la regeneración de su capa pasiva) y lavado.

8. INSPECCIÓN Y CONTROL DE FABRICACIÓN

Los elementos se construyen siguiendo el procedimiento de control establecido y aprobado, constando de 3 partes:

8.1 Recepción de materiales.



- Verificación de los Certificados de Calidad que facilita el consumidor.
- Control dimensional.
- Control de rugosidad y dureza.

8.2 Control intermedio.

- Seguimiento continuo de operaciones.
- Comprobación del operario adecuado en cada trabajo.
- Toma de probeta.
- Radiografiado de las uniones soldadas.
- Control dimensional.

8.3 Control final.

- Prueba hidráulica de presión.
- Comprobación de accesorios.
- Acabado final.

9. PRUEBAS A PRESIÓN

Generalmente las pruebas a presión serán con agua y en caso excepcional que no sea posible, se puede sustituir por una prueba neumática utilizando gas como medio, siempre que se provean medidas especiales de seguridad y se recoja en la documentación de la prueba.



Si el recipiente tiene varios compartimentos, cada uno de ellos se debe someter a prueba a presión. Se permite desviarse de esta regla si la pared divisoria está diseñada para trabajar únicamente bajo presión diferencial y se asegura por medidas prácticas que un compartimento no se puede presurizar independientemente del otro. En estos casos los compartimentos adyacentes se presurizan primero individualmente a la presión diferencial y luego simultáneamente serán sometidos a la presión de prueba.

Durante la prueba hidráulica las paredes externas del recipiente estarán secas. En caso de temperaturas ambiente iguales o inferiores a cero grados solo se efectuará la prueba si se asegura que no puede suceder congelación en el contenido ni en las líneas de ensayo (incluyendo el manómetro)

Cuando las características del material o del componente impongan un límite en la temperatura de la prueba o en el gradiente de subida de presión, se tendrá en cuenta y se anotará en la documentación de la prueba.

Hasta la llegada de la persona de la empresa ENICRE, responsable de la prueba, el recipiente deberá presurizarse únicamente hasta la presión de trabajo admisible. Solo tras consultar con la persona responsable la presión debe ser incrementada lentamente hasta la presión de prueba.

Todas las uniones deben estar exentas de aislamiento y expuestas para un examen durante la prueba.

La presión de prueba debe realizarse:

- 1.- Después del tratamiento térmico final.
- 2.- Después del plaquado y mecanizado.
- 3.- Antes de aplicar pintura, aislamiento, etc.
- 4.- Antes de colocar la camisa.
- 5.- Después de efectuar todos los ensayos no destructivos.



INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL MECÁNICA

Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

ANEJOS A LA MEMORIA



NORMATIVA APLICABLE

- **Código de diseño AD-MERKBLATT: Edición 2008**



1 ANEJO DE DATOS DE PARTIDA

1.1 GENERAL

En una planta del “Grupo Siro” en Aguilar de Campoo, se tiene previsto la instalación de unos silos de sólidos entre el que se incluye el de azúcar. Un producto que se utilizará para la realización de bollería industrial para su posterior comercialización en el mercado.

1.2 PRODUCTO ALMACENADO

Las características principales del azúcar son:

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| • Nombre | Azúcar blanco o cristalino |
| • Denominación usual | Azúcar |
| • Identificación del peligro | Nulo |
| • Densidad a 20 °C | 1,587 gr/cm ³ |
| • Color | Blanco |
| • Punto de fusión | 185,85 °C |
| • Punto de descomposición | 185,85 °C |



1.3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO

- AD-MERKBLATT. Código de diseño para depósitos de acero.
- Normas alemanas DIN 1055. Teorías a partir de ensayos experimentales.
- Norma Europea EN 10088. Aplicaciones de acero inoxidable
- Norma UNE-EN 10027. Sistemas de designación de aceros
- Norma MV-104-1996. Ejecución de las estructuras de acero laminado de acero laminado en edificación.
- Norma MV-106-1968. Tornillos ordinarios, calibrados, tuercas y arandelas.
- Norma MV-107-1968. Tornillos de alta resistencia y sus tuercas y arandelas.
- Norma MV-102-1975. Acero laminado para estructuras en la edificación.
- Janssen para el cálculo de presiones sobre paredes y el fondo de un silo.

1.3.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL AZÚCAR CONSIDERADAS EN EL CÁLCULO.

- | | |
|--|--------------------------|
| • Densidad a 20 °C | 1,587 gr/cm ³ |
| • Granulometría | 0.4mm |
| • Ángulo de rozamiento mínimo pared-producto | 15°. |



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

-
- Ángulo de rozamiento máximo pared-producto 25°
 - Ángulo de rozamiento mínimo interno 30°
 - Ángulo de rozamiento máximo interno 40°
 - Abrasividad No se considera.
 - Producto higroscópico Si.

1.3.2 DATOS CONSIDERADOS DEL MATERIAL DEL SILO

- Material AISI304 (acero austenítico al cromo-níquel), 18%CR. 8% Ni.
 1. Propiedades mecánicas: Límite elástico. 2.110 Kp/cm^2
Módulo de elasticidad $2 \times 10^6 \text{ Kp/cm}^3$
 2. Rugosidad: Laminado en caliente, entre 4 y 6 micras
 3. Presión de diseño: Atmosférica.
 4. Temperatura de diseño: Ambiente.

1.3.2 ACCIONES CONSIDERADAS

- Fuerzas de rozamiento. Se tomará un ángulo de 25° ya que este es el más desfavorable.
- Presiones verticales.
 1. En el fondo inferior del silo durante el llenado.
 2. En el fondo inferior del silo durante el vaciado



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

Se tomará un ángulo de 40° .

Para el cálculo de las fuerzas de rozamiento consideramos un ángulo interno de 30° y sin coeficiente de seguridad con las fórmulas de Janssen, por ser este el caso más desfavorable. Se aplicará el coeficiente de seguridad s/ Platonov.

- Presiones laterales.
 1. En la pared interior del silo durante el vaciado
 2. En el fondo inferior del silo durante el vaciado.

Se tomará un ángulo de 30° .

Al iniciarse el vaciado, y siempre que no se deje la masa en reposo, es decir, que una vez lleno el silo se empiece a vaciar, se produce por lo general un flujo másico, en cuyo caso las presiones de vaciado pueden llegar a ser 2,32 veces superiores a las presiones de llenado definitivas por Janssen.



2 ANEJO DE CÁLCULOS

2.1 DATOS DE PARTIDA

Tabla 1. *Datos de partida*

Material		AISI-304L	
Temperatura de diseño	Tª	100	°C
Tensión máxima admisible servicio	K	260	N/mm ²
Tensión máxima admisible prueba	K20	300	N/mm ²
Módulo de elasticidad en servicio	E	200.000	N/mm ²
Módulo de elasticidad en prueba	E20	200.000	N/mm ²
Coefficiente seguridad servicio	S	1,50	
Coefficiente seguridad prueba	S'	1,10	
Sobrespesor de corrosión	c2	0,0	mm
Presión máxima de servicio	Pms	NUM	bar
Presión de prueba según RAP	Pp= 1,3*Pms*K20/K	1,50	bar
Presión de prueba manométrica	Pp	1,50	bar
Producto a contener			
Densidad del producto	d	0.9	kg/dm ³



2.2 ENVOLVENTES SOMETIDAS A PRESIÓN INTERIOR

La altura máxima de cada una de las virolas está establecida por las bobinas suministradas por el fabricante así como por el proceso de montaje, adaptándose para ello unas dimensiones de 1.500 y 2.000 mm en función del espesor de las mismas para la construcción de la envolvente cilíndrica.

Los cálculos han sido realizados según los conocimientos técnicos de cálculos de presiones de Janssen y Platonov.

Mediante este procedimiento, se calculará las presiones máximas horizontales, verticales y de rozamiento del silo. Dichos cálculos, se realizarán mediante el programa “Excel”.



Tabla 2. Presiones horizontales de llenado

PRESIONES HORIZONTALES							
SILO 175 m³							
Angulo de rozamiento pared-producto:				25			
Angulo de reposo del material:				35			
Altura en metros	Espesor de chapa en mm	Radio hidráulico en metros	Peso específico en kp/m ³	Coef. Janssen k	Coef. rozamiento pared-producto	Presiones horizontales de llenado en Kp/m ²	Presiones horizontales s/ PLATONOV en Kp/m ²
1,5	3,0	1	900	0,27	0,47	333	773
3,0	3,0	1	900	0,27	0,47	609	1.413
4,5	3,0	1	900	0,27	0,47	837	1.942
6,0	3,0	1	900	0,27	0,47	1.026	2.380
7,5	3,0	1	900	0,27	0,47	1.182	2.742
9,0	3,0	1	900	0,27	0,47	1.311	3.042
10,5	4	1	900	0,27	0,47	1.418	3.290
12,0	4	1	900	0,27	0,47	1.506	3.495

Coeficiente de Janssen= $(1-\text{SENO}(\text{PI}()*35/180))/(1+\text{SENO}(\text{PI}()*35/180))$

Coeficiente rozamiento pared- producto: $\text{TAN}(25*\text{PI}()/180)$

Presiones de llenado= $900*1/F22*(1-\text{EXP}(-0.47*0.27/1*Altura))$

Platonov= $2.32* \text{Presiones de llenado}$



Tabla 3. Presiones verticales de llenado.

PRESIONES VERTICALES							
SILO 175 m³							
Angulo de rozamiento pared-producto:						25	
Angulo de reposo del material:						35	
Altura en metros	Espesor de chapa en mm	Radio hidráulico en metros	Peso específico en kp/m³	Coef. Janssen k	Coef. rozamiento pared-producto	Presiones verticales de llenado en Kp/m²	Presiones verticales s/ PLATONOV en Kp/m²
1,5	3,0	1	900	0,27	0,47	1.230	2.853
3,0	3,0	1	900	0,27	0,47	2.247	5.214
4,5	3,0	1	900	0,27	0,47	3.089	7.166
6,0	3,0	1	900	0,27	0,47	3.785	8.782
7,5	3,0	1	900	0,27	0,47	4.362	10.119
9,0	3,0	1	900	0,27	0,47	4.838	11.225
10,5	4	1	900	0,27	0,47	5.233	12.140
12,0	4	1	900	0,27	0,47	5.559	12.897

Coeficiente de Janssen= $(1-\text{SENO}(\text{PI}()*35/180))/(1+\text{SENO}(\text{PI}()*35/180))$

Coeficiente rozamiento pared- producto: $\text{TAN}(25*\text{PI}()/180)$

Presiones de llenado= $900*1/F22*(1-\text{EXP}(-0.47*0.27/1*Altura))$

Platonov= $2.32* \text{Presiones de llenado}$



Tabla 4. Presiones de rozamiento de llenado.

PRESIONES DE ROZAMIENTO							
SILO 175 m³							
Angulo de rozamiento pared-producto:						30	
Angulo de reposo del material:						30	
Altura en metros	Espesor de chapa en mm	Radio hidráulico en metros	Peso específico en kp/m ³	Coef. Janssen k	Coef. rozamiento pared-producto	Presiones verticales de llenado en Kp/m ²	Presiones rozamiento de llenado en Kp/m ²
1,5	3,0	1	900	0,33	0,58	1.173	177
3,0	3,0	1	900	0,33	0,58	2.051	649
4,5	3,0	1	900	0,33	0,58	2.709	1.341
6,0	3,0	1	900	0,33	0,58	3.203	2.197
7,5	3,0	1	900	0,33	0,58	3.572	3.178
9,0	3,0	1	900	0,33	0,58	3.849	4.251
10,5	4	1	900	0,33	0,58	4.057	5.393
12,0	4	1	900	0,33	0,58	4.212	6.588

Coeficiente de Janssen= $(1-\text{SENO}(\text{PI}()*30/180))/(1+\text{SENO}(\text{PI}()*30/180))$

Coeficiente rozamiento pared- producto: $\text{TAN}(30*\text{PI}()/180)$

Presiones de llenado= $900*1/F22*(1-\text{EXP}(-0.47*0.27/1*Altura))$

Platonov= $2.32* \text{Presiones de llenado}$



2.3 CÁLCULO DE ESPESORES UTILIZANDO EL CÓDIGO AD-MERKBLATT

Se realiza el estudio comparativo con otro código de diseño europeo de reconocida solvencia denominado AD-MERKBLATT.

En este apartado se desarrolla todo el cálculo necesario para determinar los espesores de virolas y fondos del depósito objeto de este fin.

2.3.1 Datos generales de diseño

En la (Tabla 2) aparecen reflejados las características generales en cuanto al producto contenido y el material de construcción del depósito. Estos parámetros se han obtenido a través de la Ficha de Datos de Seguridad del Producto ofrecida por el cliente y por el Certificado de Materiales suministrado por el fabricante del material laminado (Ver: “Anejo de documentación”).

Tabla 5. Datos generales para el diseño.

Material		AISI-304	
Temperatura de diseño	T ^a	20	°C
Tensión máxima admisible servicio	K	260	N/mm ²
Tensión máxima admisible prueba	K20	300	N/mm ²
Módulo de elasticidad en servicio	E	200.000	N/mm ²
Módulo de elasticidad en prueba	E20	200.000	N/mm ²
Coefficiente seguridad servicio	S	1,50	
Coefficiente seguridad prueba	S'	1,10	
Sobrespesor de corrosión	c2	0,0	mm
Presión máxima de servicio	Pms	NUM	bar
Presión de prueba según RAP	Pp= 1,3*Pms*K20/K	1,88	bar
Presión de prueba manométrica	Pp	1,90	bar
Producto a contener		Azúcar	
Densidad del producto	d	0,90	kg/dm ³



2.3.2 Espesores de las virolas

2.3.2.1 Espesor de la 1ª virola

Los resultados obtenidos se presentan en la (Tabla 6).

Con las características dato, el espesor mínimo necesario es de: 3.06 mm.

El espesor nominal adoptado para la fabricación sería de: **4.00 mm**.

Tabla 6. *Espesor para la 1.º virola.*

DATOS DEL CILINDRO			
Altura de llenado	H_p	0	mm
Altura columna de agua	$H_{ca} = H_p - d$	0	mm
Presión del diseño del componente	$P_d = \text{MAX}(P_{ms} + H_{ca}/10000, 28 - 0,05 \cdot P_{ms}; P_{ms})$	0,40	bar
Presión de prueba del componente	$P_p' = \text{MAX}(P_p + H_{ca}/10000, 28 - 0,05 \cdot P_p; P_p)$	0,60	bar
Coefficiente de soldadura	v	0,70	
Diámetro exterior	D_a	4.000	mm
Espesor nominal adoptado	s_e	4,0	mm
Tolerancia de fabricación	c_1	0,4	mm
CALCULO DEL CILINDRO			
Condición de aplicación	$D_a/D_i < 1,2$	VERDADERO	1,002
Espesor requerido servicio	$s_1 = D_a \cdot P_d / (20 \cdot (K/S) \cdot v + P_d) + c_1 + c_2$	1,06	mm
Espesor requerido prueba	$s_2 = D_a \cdot P_p' / (20 \cdot (K_20/S) \cdot v + P_p) + c_1$	1,03	mm
Espesor requerido final	$s = \text{MAX}(2; s_1; s_2)$	3,06	mm
% Tensión durante prueba	$\%K_{20} = 100 \cdot P_p' \cdot (D_a / (s_e - c_1) - 1) / (20 \cdot K_{20} \cdot v)$	16	%
Espesor de cálculo	$s_c = s_e - c_1 - c_2$	3,60	mm
Diámetro interior cálculo	$D_{ic} = D_a - 2 \cdot s_c$	3.993	mm
Longitud influencia abertura	$b = ((D_{ic} + s_c) \cdot s_c)^{0,5}$	120	mm
Distancia mín. para abertura aislada	$L = 2 \cdot b$	240	mm
Diámetro abert. máx. en servicio	$D_{max1} = L / D_a \cdot (2 \cdot s_c \cdot (10 \cdot K / (P_d \cdot S) - 0,5) - D_{ic})$	1.631	mm
Diam. abert. máx. en prueba	$D_{max2} = L / D_a \cdot (2 \cdot s_c \cdot (10 \cdot K_{20} / (P_p' \cdot S) - 0,5) - D_{ic})$	1.723	mm
Diámetro máx. abertura sin refuerzo	$D_{max} = \text{MIN}(D_{max1}; D_{max2})$	1.631	mm



2.3.2.2 Espesor de la 2ª virola

Los resultados obtenidos se presentan en la (Tabla 7).

Con las características dato, el espesor mínimo necesario es de: 3.05 mm.

El espesor nominal adoptado para la fabricación sería de: **4.00 mm**.

Tabla 7. Espesor para la 2.º virola.

DATOS DEL CILINDRO			
Altura de llenado	H_p	0	mm
Altura columna de agua	$H_{ca} = H_p \cdot d$	0	mm
Presión del diseño del componente	$P_d = \text{MAX}(P_{ms} + H_{ca}/10000, 28 - 0,05 \cdot P_{ms}; P_{ms})$	0,32	bar
Presión de prueba del componente	$P_p = \text{MAX}(P_p + H_{ca}/10000, 28 - 0,05 \cdot P_p; P_p)$	0,50	bar
Coefficiente de soldadura	v	0,70	
Diámetro exterior	D_a	4.000	mm
Espesor nominal adoptado	s_e	4,0	mm
Tolerancia de fabricación	c_1	0,4	mm
CALCULO DEL CILINDRO			
Condición de aplicación	$D_a/D_i < 1,2$	VERDADERO	1,002
Espesor requerido servicio	$s_1 = D_a \cdot P_d / (20 \cdot (K/S) \cdot v + P_d) + c_1 + c_2$	0,93	mm
Espesor requerido prueba	$s_2 = D_a \cdot P_p / (20 \cdot (K_{20}/S') \cdot v + P_p) + c_1$	0,92	mm
Espesor requerido final	$s = \text{MAX}(2; s_1; s_2)$	3,05	mm
% Tensión durante prueba	$\%K_{20} = 100 \cdot P_p \cdot (D_a / (s_e - c_1) - 1) / (20 \cdot K_{20} \cdot v)$	13	%
Espesor de cálculo	$s_c = s_e - c_1 - c_2$	3,60	mm
Diámetro interior cálculo	$D_{ic} = D_a - 2 \cdot s_c$	3.993	mm
Longitud influencia abertura	$b = ((D_{ic} + s_c) \cdot s_c)^{0,5}$	120	mm
Distancia mín. para abertura aislada	$L = 2 \cdot b$	240	mm
Diámetro abert. máx. en servicio	$D_{max1} = L / D_a \cdot (2 \cdot s_c \cdot (10 \cdot K / (P_d \cdot S) - 0,5) - D_{ic})$	2.099	mm
Diam. abert. máx. en prueba	$D_{max2} = L / D_a \cdot (2 \cdot s_c \cdot (10 \cdot K_{20} / (P_p \cdot S') - 0,5) - D_{ic})$	2.116	mm
Diámetro máx. abertura sin refuerzo	$D_{max} = \text{MIN}(D_{max1}; D_{max2})$	2.099	mm



2.3.2.3 Espesor de la 3ª virola

Los resultados obtenidos se presentan en la (Tabla 8).

Con las características dato, el espesor mínimo necesario es de: 2.60 mm.

El espesor nominal adoptado para la fabricación sería de: **3.00 mm**.

Tabla 8. *Espesor para la 3ª virola.*

DATOS DEL CILINDRO			
Altura de llenado	H_p	0	mm
Altura columna de agua	$H_{ca} = H_p - d$	0	mm
Presión del diseño del componente	$P_d = \text{MAX}(P_{ms} + H_{ca}/10000, 28 - 0,05 \cdot P_{ms}; P_{ms})$	0,27	bar
Presión de prueba del componente	$P_p' = \text{MAX}(P_p + H_{ca}/10000, 28 - 0,05 \cdot P_p; P_p)$	0,50	bar
Coefficiente de soldadura	v	0,70	
Diámetro exterior	D_a	4.000	mm
Espesor nominal adoptado	s_e	3,0	mm
Tolerancia de fabricación	c_1	0,4	mm
CALCULO DEL CILINDRO			
Condición de aplicación	$D_a/D_i < 1,2$	VERDADERO	1,002
Espesor requerido servicio	$s_1 = D_a \cdot P_d / (20 \cdot (K/S) \cdot v + P_d) + c_1 + c_2$	0,85	mm
Espesor requerido prueba	$s_2 = D_a \cdot P_p' / (20 \cdot (K_20/S') \cdot v + P_p) + c_1$	0,92	mm
Espesor requerido final	$s = \text{MAX}(2; s_1; s_2)$	2,60	mm
% Tensión durante prueba	$\%K_{20} = 100 \cdot P_p' \cdot (D_a / (s_e - c_1) - 1) / (20 \cdot K_{20} \cdot v)$	18	%
Espesor de cálculo	$s_c = s_e - c_1 - c_2$	2,60	mm
Diámetro interior cálculo	$D_{ic} = D_a - 2 \cdot s_c$	3.995	mm
Longitud influencia abertura	$b = ((D_{ic} + s_c) \cdot s_c)^{0,5}$	102	mm
Distancia mín. para abertura aislada	$L = 2 \cdot b$	204	mm
Diámetro abert. máx. en servicio	$D_{max1} = L / D_a \cdot (2 \cdot s_c \cdot (10 \cdot K / (P_d \cdot S) - 0,5) - D_{ic})$	1.498	mm
Diam. abert. máx. en prueba	$D_{max2} = L / D_a \cdot (2 \cdot s_c \cdot (10 \cdot K_{20} / (P_p' \cdot S') - 0,5) - D_{ic})$	1.242	mm
Diámetro máx. abertura sin refuerzo	$D_{max} = \text{MIN}(D_{max1}; D_{max2})$	1.242	mm



2.3.2.4 Espesor de la 4ª virola

Los resultados obtenidos se presentan en la (Tabla 9).

Con las características dato, el espesor mínimo necesario es de: 2.50mm.

El espesor nominal adoptado para la fabricación sería de: **3.00 mm**.

Tabla 9. *Espesor para la 4ª virola.*

DATOS DEL CILINDRO			
Altura de llenado	H_p	0	mm
Altura columna de agua	$H_{ca} = H_p \cdot d$	0	mm
Presión del diseño del componente	$P_d = \text{MAX}(P_{ms} + H_{ca}/10000, 28 - 0,05 \cdot P_{ms}; P_{ms})$	0,30	bar
Presión de prueba del componente	$P_p = \text{MAX}(P_p + H_{ca}/10000, 28 - 0,05 \cdot P_p; P_p)$	0,50	bar
Coefficiente de soldadura	v	0,70	
Diámetro exterior	D_a	4.000	mm
Espesor nominal adoptado	s_e	3,0	mm
Tolerancia de fabricación	c_1	0,4	mm
CALCULO DEL CILINDRO			
Condición de aplicación	$D_a/D_i < 1,2$	VERDADERO	1,002
Espesor requerido servicio	$s_1 = D_a \cdot P_d / (20 \cdot (K/S) \cdot v + P_d) + c_1 + c_2$	0,89	mm
Espesor requerido prueba	$s_2 = D_a \cdot P_p / (20 \cdot (K_{20}/S) \cdot v + P_p) + c_1$	0,92	mm
Espesor requerido final	$s = \text{MAX}(2; s_1; s_2)$	2,50	mm
% Tensión durante prueba	$\%K_{20} = 100 \cdot P_p \cdot (D_a / (s_e - c_1) - 1) / (20 \cdot K_{20} \cdot v)$	18	%
Espesor de cálculo	$s_c = s_e - c_1 - c_2$	2,60	mm
Diámetro interior cálculo	$D_{ic} = D_a - 2 \cdot s_c$	3.995	mm
Longitud influencia abertura	$b = ((D_{ic} + s_c) \cdot s_c)^{0,5}$	102	mm
Distancia mín. para abertura aislada	$L = 2 \cdot b$	204	mm
Diámetro abert. máx. en servicio	$D_{max1} = L / D_a \cdot (2 \cdot s_c \cdot (10 \cdot K / (P_d \cdot S) - 0,5) - D_{ic})$	1.328	mm
Diam. abert. máx. en prueba	$D_{max2} = L / D_a \cdot (2 \cdot s_c \cdot (10 \cdot K_{20} / (P_p \cdot S) - 0,5) - D_{ic})$	1.242	mm
Diámetro máx. abertura sin refuerzo	$D_{max} = \text{MIN}(D_{max1}; D_{max2})$	1.242	mm



2.3.2.5 Espesor de la 5ª virola

Los resultados obtenidos se presentan en la (Tabla 10).

Con las características dato, el espesor mínimo necesario es de: 2.40 mm.

El espesor nominal adoptado para la fabricación sería de: **3.00 mm**.

Tabla 10. *Espesor para la 5ª virola.*

DATOS DEL CILINDRO			
Altura de llenado	H_p	0	mm
Altura columna de agua	$H_{ca} = H_p - d$	0	mm
Presión del diseño del componente	$P_d = \text{MAX}(P_{ms} + H_{ca}/10000, 28 - 0,05 \cdot P_{ms}; P_{ms})$	0,23	bar
Presión de prueba del componente	$P_p' = \text{MAX}(P_p + H_{ca}/10000, 28 - 0,05 \cdot P_p; P_p)$	0,40	bar
Coefficiente de soldadura	v	0,70	
Diámetro exterior	D_a	4.000	mm
Espesor nominal adoptado	s_e	3,0	mm
Tolerancia de fabricación	c_1	0,4	mm
CALCULO DEL CILINDRO			
Condición de aplicación	$D_a/D_i < 1,2$	VERDADERO	1,002
Espesor requerido servicio	$s_1 = D_a \cdot P_d / (20 \cdot (K/S) \cdot v + P_d) + c_1 + c_2$	0,78	mm
Espesor requerido prueba	$s_2 = D_a \cdot P_p' / (20 \cdot (K_{20}/S) \cdot v + P_p) + c_1$	0,82	mm
Espesor requerido final	$s = \text{MAX}(2; s_1; s_2)$	2,40	mm
% Tensión durante prueba	$\%K_{20} = 100 \cdot P_p' \cdot (D_a / (s_e - c_1) - 1) / (20 \cdot K_{20} \cdot v)$	15	%
Espesor de cálculo	$s_c = s_e - c_1 - c_2$	2,60	mm
Diámetro interior cálculo	$D_{ic} = D_a - 2 \cdot s_c$	3.995	mm
Longitud influencia abertura	$b = ((D_{ic} + s_c) \cdot s_c)^{0,5}$	102	mm
Distancia mín. para abertura aislada	$L = 2 \cdot b$	204	mm
Diámetro abert. máx. en servicio	$D_{max1} = L / D_a \cdot (2 \cdot s_c \cdot (10 \cdot K / (P_d \cdot S) - 0,5) - D_{ic})$	1.794	mm
Diam. abert. máx. en prueba	$D_{max2} = L / D_a \cdot (2 \cdot s_c \cdot (10 \cdot K_{20} / (P_p' \cdot S) - 0,5) - D_{ic})$	1.603	mm
Diámetro máx. abertura sin refuerzo	$D_{max} = \text{MIN}(D_{max1}; D_{max2})$	1.603	mm



2.3.2.6 Espesor de la 6ª virola

Los resultados obtenidos se presentan en la (Tabla 11).

Con las características dato, el espesor mínimo necesario es de: 2.30 mm.

El espesor nominal adoptado para la fabricación sería de: **3.00 mm**.

Tabla 11. *Espesor para la 6ª virola.*

DATOS DEL CILINDRO			
Altura de llenado	H_p	0	mm
Altura columna de agua	$H_{ca} = H_p - d$	0	mm
Presión del diseño del componente	$P_d = \text{MAX}(P_{ms} + H_{ca}/10000, 28 - 0,05 \cdot P_{ms}; P_{ms})$	0,19	bar
Presión de prueba del componente	$P_p' = \text{MAX}(P_p + H_{ca}/10000, 28 - 0,05 \cdot P_p; P_p)$	0,30	bar
Coefficiente de soldadura	v	0,70	
Diámetro exterior	D_a	4.000	mm
Espesor nominal adoptado	s_e	3,0	mm
Tolerancia de fabricación	c_1	0,4	mm
CALCULO DEL CILINDRO			
Condición de aplicación	$D_a/D_i < 1,2$	VERDADERO	1,002
Espesor requerido servicio	$s_1 = D_a \cdot P_d / (20 \cdot (K/S) \cdot v + P_d) + c_1 + c_2$	0,71	mm
Espesor requerido prueba	$s_2 = D_a \cdot P_p' / (20 \cdot (K_{20}/S') \cdot v + P_p') + c_1$	0,71	mm
Espesor requerido final	$s = \text{MAX}(2; s_1; s_2)$	2,30	mm
% Tensión durante prueba	$\%K_{20} = 100 \cdot P_p' \cdot (D_a / (s_e - c_1) - 1) / (20 \cdot K_{20} \cdot v)$	11	%
Espesor de cálculo	$s_c = s_e - c_1 - c_2$	2,60	mm
Diámetro interior cálculo	$D_{ic} = D_a - 2 \cdot s_c$	3.995	mm
Longitud influencia abertura	$b = ((D_{ic} + s_c) \cdot s_c)^{0,5}$	102	mm
Distancia mín. para abertura aislada	$L = 2 \cdot b$	204	mm
Diámetro abert. máx. en servicio	$D_{max1} = L / D_a \cdot (2 \cdot s_c \cdot (10 \cdot K / (P_d \cdot S) - 0,5) - D_{ic})$	2.214	mm
Diam. abert. máx. en prueba	$D_{max2} = L / D_a \cdot (2 \cdot s_c \cdot (10 \cdot K_{20} / (P_p' \cdot S') - 0,5) - D_{ic})$	2.206	mm
Diámetro máx. abertura sin refuerzo	$D_{max} = \text{MIN}(D_{max1}; D_{max2})$	2.206	mm



2.3.2.7 Espesor de la 7ª virola

Los resultados obtenidos se presentan en la (Tabla 12).

Con las características dato, el espesor mínimo necesario es de: 2.20. mm.

El espesor nominal adoptado para la fabricación sería de: **3.00 mm**.

Tabla 12. *Espesor para la 7ª virola.*

DATOS DEL CILINDRO			
Altura de llenado	H_p	0	mm
Altura columna de agua	$H_{ca} = H_p \cdot d$	0	mm
Presión del diseño del componente	$P_d = \text{MAX}(P_{ms} + H_{ca}/10000, 28 - 0,05 \cdot P_{ms}; P_{ms})$	0,14	bar
Presión de prueba del componente	$P_p' = \text{MAX}(P_p + H_{ca}/10000, 28 - 0,05 \cdot P_p; P_p)$	0,30	bar
Coefficiente de soldadura	v	0,70	
Diámetro exterior	D_a	4.000	mm
Espesor nominal adoptado	s_e	3,0	mm
Tolerancia de fabricación	c_1	0,4	mm
CALCULO DEL CILINDRO			
Condición de aplicación	$D_a/D_i < 1,2$	VERDADERO	1,002
Espesor requerido servicio	$s_1 = D_a \cdot P_d / (20 \cdot (K/S) \cdot v + P_d) + c_1 + c_2$	0,63	mm
Espesor requerido prueba	$s_2 = D_a \cdot P_p' / (20 \cdot (K_20/S) \cdot v + P_p) + c_1$	0,71	mm
Espesor requerido final	$s = \text{MAX}(2; s_1; s_2)$	2,20	mm
% Tensión durante prueba	$\%K_{20} = 100 \cdot P_p' \cdot (D_a / (s_e - c_1) - 1) / (20 \cdot K_{20} \cdot v)$	11	%
Espesor de cálculo	$s_c = s_e - c_1 - c_2$	2,60	mm
Diámetro interior cálculo	$D_{ic} = D_a - 2 \cdot s_c$	3.995	mm
Longitud influencia abertura	$b = ((D_{ic} + s_c) \cdot s_c)^{0,5}$	102	mm
Distancia mín. para abertura aislada	$L = 2 \cdot b$	204	mm
Diámetro abert. máx. en servicio	$D_{max1} = L / D_a \cdot (2 \cdot s_c \cdot (10 \cdot K / (P_d \cdot S) - 0,5) - D_{ic})$	3.078	mm
Diam. abert. máx. en prueba	$D_{max2} = L / D_a \cdot (2 \cdot s_c \cdot (10 \cdot K_{20} / (P_p \cdot S) - 0,5) - D_{ic})$	2.206	mm
Diámetro máx. abertura sin refuerzo	$D_{max} = \text{MIN}(D_{max1}; D_{max2})$	2.206	mm



2.3.2.8 Espesor de la 8ª virola

Los resultados obtenidos se presentan en la (Tabla 13).

Con las características dato, el espesor mínimo necesario es de: 2.10 mm.

El espesor nominal adoptado para la fabricación sería de: **3.00 mm**.

Tabla 13. *Espesor para la 8ª virola.*

DATOS DEL CILINDRO			
Altura de llenado	H_p	0	mm
Altura columna de agua	$H_{ca} = H_p \cdot d$	0	mm
Presión del diseño del componente	$P_d = \text{MAX}(P_{ms} + H_{ca}/10000, 28 - 0,05 \cdot P_{ms}; P_{ms})$	0,08	bar
Presión de prueba del componente	$P_p = \text{MAX}(P_p + H_{ca}/10000, 28 - 0,05 \cdot P_p; P_p)$	0,20	bar
Coefficiente de soldadura	v	0,70	
Diámetro exterior	D_a	4.000	mm
Espesor nominal adoptado	s_e	3,0	mm
Tolerancia de fabricación	c_1	0,4	mm
CALCULO DEL CILINDRO			
Condición de aplicación	$D_a/D_i < 1,2$	VERDADERO	1,002
Espesor requerido servicio	$s_1 = D_a \cdot P_d / (20 \cdot (K/S) \cdot v + P_d) + c_1 + c_2$	0,53	mm
Espesor requerido prueba	$s_2 = D_a \cdot P_p / (20 \cdot (K_20/S) \cdot v + P_p) + c_1$	0,61	mm
Espesor requerido final	$s = \text{MAX}(2; s_1; s_2)$	2,10	mm
% Tensión durante prueba	$\%K_{20} = 100 \cdot P_p \cdot (D_a / (s_e - c_1) - 1) / (20 \cdot K_{20} \cdot v)$	7	%
Espesor de cálculo	$s_c = s_e - c_1 - c_2$	2,60	mm
Diámetro interior cálculo	$D_{ic} = D_a - 2 \cdot s_c$	3.995	mm
Longitud influencia abertura	$b = ((D_{ic} + s_c) \cdot s_c)^{0,5}$	102	mm
Distancia mín. para abertura aislada	$L = 2 \cdot b$	204	mm
Diámetro abert. máx. en servicio	$D_{max1} = L / D_a \cdot (2 \cdot s_c \cdot (10 \cdot K / (P_d \cdot S) - 0,5) - D_{ic})$	5.740	mm
Diam. abert. máx. en prueba	$D_{max2} = L / D_a \cdot (2 \cdot s_c \cdot (10 \cdot K_{20} / (P_p \cdot S) - 0,5) - D_{ic})$	3.411	mm
Diámetro máx. abertura sin refuerzo	$D_{max} = \text{MIN}(D_{max1}; D_{max2})$	3.411	mm



2.3.2.9 Espesor del fondo cónico inferior

Los resultados obtenidos se presentan en la (Tabla 14).

Con las características dato, el espesor mínimo necesario es de: 5 mm.

El espesor nominal adoptado para la fabricación sería de: **6.00 mm**.

Tabla 14. *Espesor para el cono inferior.*

DATOS DEL CONO			
Altura de llenado	Hp	0	mm
Altura columna de agua	Hca = Hp·d	0	mm
Presión de diseño del componente	$Pd = \text{MAX}(Pms + Hp \cdot d / 10000, 28 - 0,05 \cdot Pms; Pms)$	1,2	bar
Presión de prueba del componente	$Pp' = \text{MAX}(Pp + Hca / 10000, 28 - 0,05 \cdot Pp; Pp)$	1,8	bar
Coef. soldadura long/circ conexión	vt	0,70	
Coef. soldadura long. zona cónica	vc	0,70	
Diámetro exterior zona cilíndrica	Da1	4.000	mm
Radio interior del reborde	r	0	mm
Angulo del cono	fi	20	°
Tolerancia de fabricación	c1	0,6	mm
Espesor nominal adoptado	se	6,0	mm
CALCULO DEL CONO			
Condición de aplicación	$0,001 \leq (se - c1 - c2) / Da1 \leq 0,1$	VERDADERO	0,001
Factor entrada Figs. 3,1 a 3,7	$Pd \cdot S / (15 \cdot K \cdot vt)$	0,000659	
Factor entrada Figs. 3,1 a 3,7	$Y = r / Da1$	0,0000	
Factor salida Figs. 3,1 a 3,7	$(sl - c1 - c2) / Da1$	0,0011	
Espesor requerido conexión	$sl = \text{MAX}(2; sl)$	5,0	mm
Longitud mín. faldón cilíndrico	$x3 = 0,5 \cdot (Da1 \cdot (sl - c1 - c2))^{0,5}$	66	mm
Longitud mínima faldón cono	$x2 = 0,7 \cdot (Da1 \cdot (sl - c1 - c2) / \cos(fi))^{0,5}$	96	mm
Diámetro de diseño cono	$Dk = Da1 - 2 \cdot (sl + r \cdot (1 - \cos(fi)) + x2 \cdot \text{sen}(fi))$	3.924	mm



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

Espesor requerido cono servicio	$sg = Dk \cdot Pd / (20 \cdot K \cdot vc / S - Pd) / \cos(\phi) + c1 + c2$	2,7	mm
Espesor requerido cono prueba	$sg' = Dk \cdot Pp' / (20 \cdot K \cdot 20 \cdot vc / S' - Pp') / \cos(\phi) + c1$	2,6	mm
Espesor mínimo requerido	$s = \text{MAX}(2; sl; sg; sg')$	5,0	mm

2.4 CÁLCULO ESTRUCTURAL EN CASO DE EXPLOSIÓN ATEX

Mediante la norma UNE-EN 14491 Sistemas de protección por venteo de explosiones de polvo.

Pred max: Máxima sobrepresión generada por la explosión de una atmosfera explosiva, protegido por un dispositivo de alivio de la explosión (venteo) o por la supresión de la explosión.

P Resistencia de diseño del depósito (resistencia de explosión)

A Área de venteo

Kst Parámetro del producto

No es alcance: Equipo eléctrico, Automatización, Instrumentación, proceso, limpieza, intercambio térmico, cimentación, estructuras auxiliares e instalaciones necesarias, ubicación, legalización



Tabla 15. Datos de partida

Material		AISI-304	
Temperatura de diseño	T ^a	100	°C
Tensión máxima admisible servicio	K	260	N/mm ²
Tensión máxima admisible prueba	K20	300	N/mm ²
Módulo de elasticidad en servicio	E	200.000	N/mm ²
Módulo de elasticidad en prueba	E20	200.000	N/mm ²
Coefficiente seguridad servicio	S	1,50	
Coefficiente seguridad prueba	S'	1,10	
Sobrespesor de corrosión	c2	0,0	mm
Presión máxima de servicio	Pms	1,0	bar
Presión de prueba según RAP	Pp= 1,3*Pms*K20/K	1,50	bar
Presión de prueba manométrica	Pp	1,50	bar
Producto a contener		AZÚCAR	
Densidad del producto	d	1,10	kg/dm ³



Tabla 16. *Cálculo de cilindros a presión interior*

DATOS DEL CILINDRO			
Altura de llenado	Hp	2.250	mm
Altura columna de agua	Hca = Hp·d	2.475	mm
Presión del diseño del componente	$Pd = \text{MAX}(Pms + Hca/10000, 28 - 0,05 \cdot Pms; Pms)$	1,20	bar
Presión de prueba del componente	$Pp = \text{MAX}(Pp + Hca/10000, 28 - 0,05 \cdot Pp; Pp)$	1,67	bar
Coefficiente de soldadura	v	0,70	
Diámetro exterior	Da	1.656	mm
Espesor nominal adoptado	se	3,0	mm
Tolerancia de fabricación	c1	0,0	mm
CALCULO DEL CILINDRO			
Condición de aplicación		VERDADERO	1,004
Espesor requerido servicio		0,82	mm
Espesor requerido prueba		0,73	mm
Espesor requerido final		2,00	mm
% Tensión durante prueba		22	%
Espesor de cálculo		3,00	mm
Diámetro interior cálculo		1.650	mm
Longitud influencia abertura		70	mm
Distancia mín. para abertura aislada		141	mm
Diámetro abert. máx. en servicio		598	mm
Diam. abert. máx. en prueba		692	mm
Diámetro máx. abertura sin refuerzo		598	mm



Tabla 17. Cálculo del fondo superior a presión interior

DATOS DEL FONDO			
Altura de llenado	Hp	0	mm
Altura columna de agua	Hca = Hp·d	0	mm
Presión de diseño del componente	$Pd = \text{MAX}(Pms + Hp \cdot d / 10000, 28 - 0,05 \cdot Pms; Pms)$	1,00	bar
Presión de prueba del componente	$Pp = \text{MAX}(Pp + Hca / 10000, 28 - 0,05 \cdot Pp; Pp)$	1,80	bar
Coefficiente de soldadura corona	vc	0,70	
Coefficiente de soldadura reborde	vr	0,70	
Diámetro exterior	Da	1.660	mm
Espesor nominal adoptado	se	5,0	mm
Tolerancia de fabricación	c1	0,5	mm
Diámetro tubuladura fuera 0,6·Da	di	250	mm
CALCULO DEL FONDO			
Condición de aplicación		VERDADERO	0,0027
Radio interior corona		1.660	mm
Radio interior reborde		166	mm
Longitud cilíndrica del fondo		18	mm
Altura del fondo		319	mm
Diámetro exterior esfera equivalente		3.330	mm
Diámetro interior esfera equivalente		3.320	mm
Espesor de cálculo		5	mm
Relación		0,0027	
Relacion		0,0010	
Relación		0,15	
Factor de forma Beta s/Figura 7		5,0	
Espesor requerido servicio reborde		2,2	mm
Espesor requerido prueba reborde		2,1	mm
Espesor requerido servicio corona		1,2	mm
Espesor requerido prueba corona		1,2	mm
Espesor requerido final		2,2	mm
%Tensión durante prueba reborde		33	%
%Tensión durante prueba corona		13	%
Diámetro interior cálculo		3.321	mm
Longitud influencia abertura		122	mm
Distancia mín. para abertura aislada		245	mm
Diámetro abert. máx. en servicio		2.045	mm
Diam. abert. máx. en prueba		2.157	mm
Diámetro máx. abertura sin refuerzo		2.045	mm



Tabla 18. *Cálculo del fondo inferior a presión interior*

DATOS DEL CONO			
Altura de llenado	Hp	2.250	mm
Altura columna de agua	Hca = Hp-d	2.475	mm
Presión de diseño del componente	$Pd = \text{MAX}(Pms + Hp \cdot d / 10000, 28 - 0,05 \cdot Pms; Pms)$	1,2	bar
Presión de prueba del componente	$Pp' = \text{MAX}(Pp + Hca / 10000, 28 - 0,05 \cdot Pp; Pp)$	1,7	bar
Coef. soldadura long/circ conexión	vt	0,70	
Coef. soldadura long. zona cónica	vc	0,70	
Diámetro exterior zona cilíndrica	Da1	1.660	mm
Radio interior del reborde	r	50	mm
Angulo del cono	fi	65	°
Tolerancia de fabricación	c1	0,0	mm
Espesor nominal adoptado	se	5,0	mm
CALCULO DEL CONO			
Condición de aplicación		VERDADERO	0,003
Factor entrada Figs. 3,1 a 3,7		0,000658	
Factor entrada Figs. 3,1 a 3,7		0,0301	
Factor salida Figs. 3,1 a 3,7		0,0026	
Espesor requerido conexión		4,3	mm
Longitud mín. faldón cilíndrico		42	mm
Longitud mínima faldón cono		91	mm
Diámetro de diseño cono		1.428	mm
Espesor requerido cono servicio		1,7	mm
Espesor requerido cono prueba		1,5	mm
Espesor mínimo requerido		4,3	mm



Tabla 19. Cálculo del fondo superior a presión exterior

DATOS DEL FONDO			
Presión de diseño	Pd	1,00	bar
Presión de prueba	$Pp = \text{MAX}(1,5 \cdot Pd; 1,3 \cdot Pd \cdot K20/K)$	1,50	bar
Coeficiente de soldadura corona	vc	1,00	
Coeficiente de soldadura reborde	vr	1,00	
Diámetro exterior	Da	1.660	mm
Espesor nominal adoptado	se	5,0	mm
Tolerancia de fabricación	c1	0,5	mm
Diámetro tubuladura fuera $0,6 \cdot Da$	di	0	mm
CALCULO DEL FONDO			
Condición de aplicación		VERDADERO	0,0027
Radio interior corona		1.660	mm
Radio interior reborde		166	mm
Longitud cilíndrica del fondo		18	mm
Altura del fondo		319	mm
Diámetro exterior esfera equivalente		3.330	mm
Diámetro interior esfera equivalente		3.320	mm
Espesor de cálculo		4,5	mm
Relación		0,0027	
Relacion		0,0014	
Relación		0,00	
Cef. Seguridad en diseño		3,7	mm
Cef. Seguridad en prueba		2,7	mm
Factor de forma Beta s/Figura 7		4,0	
Espesor requerido servicio reborde		2,9	mm
Espesor requerido prueba reborde		2,8	mm
Espesor requerido servicio corona		0,9	mm
Espesor requerido prueba corona		0,9	mm
Espesor requerido final		2,9	mm
%Tensión durante prueba reborde		18	%
%Tensión durante prueba corona		9	%
Diámetro interior cálculo		3.321	mm
Longitud influencia abertura		122	mm
Distancia mín. para abertura aislada		245	mm
Diámetro abert. máx. en servicio		2.045	mm
Diam. abert. máx. en prueba		2.157	mm
Diámetro máx. abertura sin refuerzo		2.045	mm



2.4.1 Salida de resultados

RESISTENCIA DEL DISEÑO DEL DEPÓSITO (RESISTENCIA DE EXPLOSIÓN), $P=1.80$ bar.

2.4.2 Cálculo de área de venteo.

Tabla 20. Cálculo del área de venteo

<p>Volumen (m³) 181,04 L/D 3,36 <input type="button" value="Calcula"/></p>	<p>Ventoe de recipientes aislados</p> <table><tr><td>Volumen:</td><td>V =</td><td>181,04</td><td>m³</td><td><input type="button" value="Llenado"/></td></tr><tr><td>LD:</td><td>L/D =</td><td>3,36</td><td></td><td><input type="button" value="Pneumático axial"/></td></tr><tr><td>Resistencia (sobrepresión):</td><td>P_{red} =</td><td>1,65</td><td>bar</td><td></td></tr><tr><td>Constante de explosividad:</td><td>K_{st} =</td><td>123</td><td>bar m/s</td><td><input type="button" value="Productos"/></td></tr><tr><td>Sobrepresión máxima de explosión:</td><td>P_{max} =</td><td>9,0</td><td>bar</td><td><input type="button" value="Azúcar cristal"/></td></tr><tr><td>Presión de apertura del panel:</td><td>P_{stat} =</td><td>0,10</td><td>bar</td><td></td></tr><tr><td>Longitud del conducto:</td><td>long =</td><td>3,50</td><td>m</td><td><input checked="" type="checkbox"/> Conducto</td></tr><tr><td>Diametro del conducto:</td><td>d =</td><td>1,03</td><td>m</td><td></td></tr><tr><td>Relación l/d del conducto:</td><td>l/d =</td><td>3,40</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Para (l/d) > (l/d)_s, Pred no aumenta:</td><td>(l/d)_s =</td><td>3,90</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Eficiencia:</td><td>E_f =</td><td>100</td><td>%</td><td></td></tr><tr><td>Area de venteo:</td><td>A_v =</td><td>0,84</td><td>m²</td><td><input type="button" value="Calcular"/></td></tr><tr><td>Longitud de la llama:</td><td>L_f =</td><td>45,26</td><td>m</td><td></td></tr></table>	Volumen:	V =	181,04	m ³	<input type="button" value="Llenado"/>	LD:	L/D =	3,36		<input type="button" value="Pneumático axial"/>	Resistencia (sobrepresión):	P _{red} =	1,65	bar		Constante de explosividad:	K _{st} =	123	bar m/s	<input type="button" value="Productos"/>	Sobrepresión máxima de explosión:	P _{max} =	9,0	bar	<input type="button" value="Azúcar cristal"/>	Presión de apertura del panel:	P _{stat} =	0,10	bar		Longitud del conducto:	long =	3,50	m	<input checked="" type="checkbox"/> Conducto	Diametro del conducto:	d =	1,03	m		Relación l/d del conducto:	l/d =	3,40			Para (l/d) > (l/d) _s , Pred no aumenta:	(l/d) _s =	3,90			Eficiencia:	E _f =	100	%		Area de venteo:	A _v =	0,84	m ²	<input type="button" value="Calcular"/>	Longitud de la llama:	L _f =	45,26	m	
Volumen:	V =	181,04	m ³	<input type="button" value="Llenado"/>																																																														
LD:	L/D =	3,36		<input type="button" value="Pneumático axial"/>																																																														
Resistencia (sobrepresión):	P _{red} =	1,65	bar																																																															
Constante de explosividad:	K _{st} =	123	bar m/s	<input type="button" value="Productos"/>																																																														
Sobrepresión máxima de explosión:	P _{max} =	9,0	bar	<input type="button" value="Azúcar cristal"/>																																																														
Presión de apertura del panel:	P _{stat} =	0,10	bar																																																															
Longitud del conducto:	long =	3,50	m	<input checked="" type="checkbox"/> Conducto																																																														
Diametro del conducto:	d =	1,03	m																																																															
Relación l/d del conducto:	l/d =	3,40																																																																
Para (l/d) > (l/d) _s , Pred no aumenta:	(l/d) _s =	3,90																																																																
Eficiencia:	E _f =	100	%																																																															
Area de venteo:	A _v =	0,84	m ²	<input type="button" value="Calcular"/>																																																														
Longitud de la llama:	L _f =	45,26	m																																																															

Datos calculados en base a la norma UNE-EN 14491 con el programa LPGVent1.06

- Area = 0,84 m²
- Longitud de la llama = 45,26 m
- Ancho de la llama = 15,84 m

Los dispositivos de venteo son sistemas de protección contra explosiones y como tales deben cumplir los requisitos de la directiva 94/9/CE (RD 400/1996).



2.4.2 Cálculo de área de venteo.

La Pred de resistencia teórica del silo es 1,65barg indicada en la tabla superior.

2.4.3 Conclusiones.

La resistencia de explosión del silo es P(1,8bar), por lo que la presión calculada es mayor a la Pred(1,65barg) indicada en la tabla superior. Aguantaría a una hipotética explosión ATEX.

2.5 CÁLCULO DE VOLÚMENES, LONGITUDES Y PESOS

2.5.1 Volúmenes

El volumen de las zonas toriesféricas del fondo Klopper viene expresado en la siguiente (Tabla 21).

Tabla 21. Datos generales para el fondo klopper.

De (mm)	e(mm)	Dd (mm)	f(mm)	R (mm)	r(mm)	V(l)
4010	5	4475	774	4010	401	6400

Donde De es el diámetro exterior, e es el espesor, Dd es el diámetro primitivo, f es la altura del fondo, R es el radio en la parte esférica del fondo, r es el radio en la parte tórica de enlace y V es el volumen del fondo.



El volumen de la parte cilíndrica del recipiente lo obtenemos de la siguiente forma para cada una de las virolas que está compuesto:

$$1^{\text{a}} \text{ Virola} \rightarrow V = \pi \cdot r_i^2 \cdot l = \pi \cdot 2^2 \cdot 1,5 = 18,84 \text{ m}^3$$

$$2^{\text{a}} \text{ Virola} \rightarrow V = \pi \cdot r_i^2 \cdot l = \pi \cdot 2^2 \cdot 1,5 = 18,84 \text{ m}^3$$

$$3^{\text{a}} \text{ Virola} \rightarrow V = \pi \cdot r_i^2 \cdot l = \pi \cdot 2^2 \cdot 1,5 = 18,84 \text{ m}^3$$

$$4^{\text{a}} \text{ Virola} \rightarrow V = \pi \cdot r_i^2 \cdot l = \pi \cdot 2^2 \cdot 1,5 = 18,84 \text{ m}^3$$

$$5^{\text{a}} \text{ Virola} \rightarrow V = \pi \cdot r_i^2 \cdot l = \pi \cdot 2^2 \cdot 1,5 = 18,84 \text{ m}^3$$

$$6^{\text{a}} \text{ Virola} \rightarrow V = \pi \cdot r_i^2 \cdot l = \pi \cdot 2^2 \cdot 1,5 = 18,84 \text{ m}^3$$

$$7^{\text{a}} \text{ Virola} \rightarrow V = \pi \cdot r_i^2 \cdot l = \pi \cdot 2^2 \cdot 1,5 = 18,84 \text{ m}^3$$

$$8^{\text{a}} \text{ Virola} \rightarrow V = \pi \cdot r_i^2 \cdot l = \pi \cdot 2^2 \cdot 1,5 = 18,84 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Cono truncado} \rightarrow V &= (h \pi / 3) \cdot r_1^2 + r_2^2 + (r_1^2 + r_2^2) = (3,087 \cdot \pi) / 3 + 0,9^2 + 2^2 + (0,9 \cdot 2) \\ &= 21,3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$V_{\text{ cuerpo cilíndrico }} = 8 \cdot 18,84 \text{ m}^3 + 6,4 = 157,12 \text{ m}^3$$

Volumen total del depósito:

$$V_{\text{ fondo }} + V_{\text{ cuerpo cilíndrico }} = 21,3 \text{ m}^3 + 157,12 \text{ m}^3 = \mathbf{178.42 \text{ m}^3}$$

2.5.2 Pesos

2.5.2.1 Acciones permanentes

Dentro de las acciones permanentes se engloban el peso propio del depósito y el peso del producto almacenado (azúcar).



2.5.2.2 Peso total del tanque

Se toma como dato de partida una densidad para el acero inoxidable AISI 304 de 7.850 kg/m^3 .

- Peso correspondiente al tanque en vacío: 12.500 kg.

2.5.2.3 Peso del producto almacenado (azúcar)

La densidad tomada para este producto se encuentra en los datos de partida: 0.72 gr/cm^3 .

Suponemos el tanque completamente lleno de este producto hasta el nivel máximo que se permite, resultando de esta forma un peso de:

$$\text{Peso (azúcar)} = 175.000 \text{ l} \cdot 0,72 \text{ gr/cm}^3 = 126.000 \text{ kg}$$

2.5.2.4 Peso total de las acciones permanentes

Corresponde a la suma del peso total del tanque junto con el peso del producto almacenado.

$$\text{Peso (total tanque)} + \text{Peso (azúcar)} = 12.500 \text{ kg} + 126.000 \text{ kg} = \mathbf{138.500 \text{ kg}}$$

2.5.2.5 Acciones variables

Dentro de las acciones variables que están presentes que actúen en el depósito se encuentran: la sobrecarga de uso, la sobrecarga de nieve y la acción del viento.



Como orientación se utiliza el Documento Básico SE-AE (Seguridad Estructural – Acciones en la Edificación) para obtener las posibles acciones que puedan actuar en el depósito.

2.5.2.6 Sobrecarga de uso

La sobrecarga de uso es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el recipiente (en especial personal de mantenimiento) por razón de su uso, esta sobrecarga tiene un valor de:

$$\text{Sobrecarga (uso)} = 100 \text{ kg/m}^2 = 0,010 \text{ kg/cm}^2$$

2.5.2.7 Sobrecarga de nieve

No se considera, ya que el silo irá instalado en una nave industrial donde el viento no tiene efecto alguno.

2.5.2.8 Acción del viento

No se considera, ya que el silo irá instalado en una nave industrial donde el viento no tiene efecto alguno.

2.5.2.9 Peso total de las acciones variables

De las acciones variables sólo se tienen en cuenta las sobrecargas de uso, ya que éstas actúan perpendicularmente sobre la cimentación del terreno.

$$\text{Sobrecarga (uso)} = 0,01 \text{ kg/cm}^2 = 0,02 \text{ kg/cm}^2$$



Como estas cargas sólo están implicadas en el fondo superior del recipiente:

$$\text{Peso (acciones variables)} = 0,02 \text{ kg/cm}^2 \cdot \pi \cdot (200 \text{ cm})^2 = \mathbf{1256,63 \text{ kg}}$$

2.5.2.10. Carga sísmica

Según el Documento Básico SE-AE Acciones en la Edificación, se considera a la zona de localización del depósito excluida de dicha carga.

2.5.2.11 Fuerzas de rozamiento

En la pared interior del silo. Tomaremos el ángulo de rozamiento de 25° que es el más desfavorable.

2.5.2.12 Presiones verticales

En el fondo inferior del silo durante el llenado.

En el fondo inferior del silo durante el vaciado.

Para el cálculo de las fuerzas de rozamiento consideramos este ángulo interno de 30° y sin coeficiente de seguridad con las fórmulas de Janssen, por ser este el caso más desfavorable.

Aplicaremos el coeficiente de seguridad s/ Platonov.



2.5.2.13 Presiones laterales

En la pared interior del silo durante el vaciado.

En el fondo inferior del silo durante el vaciado.

Al iniciarse el vaciado, y siempre que no se deje la masa en reposo, es decir, que una vez lleno el silo se empiece a vaciar, se produce por lo general un flujo másico, en cuyo caso las presiones de vaciado pueden llegar a ser 2,32 veces superiores a las presiones de llenado definidas por JANSSEN.

2.6 SOLDADURAS

Para el cálculo de la cantidad de electrodos necesarios se marcan las costuras necesarias, el tipo de electrodo empleado, el tamaño de garganta y el número de pasadas realizadas en cada costura.

Las partes fundamentales que hay que soldar son:

- Soldaduras longitudinales en la parte cilíndrica.
- Soldaduras perimetrales en la unión del fondo toriesférico y la parte cilíndrica del depósito.
- Soldadura de la boca de hombre y el refuerzo empleado para dicha unión.
- Soldadura de las orejetas de izado al depósito.
- Soldadura de manguitos y demás piezas no mencionadas.



Las costuras perimetrales de los fondos se realizarán mediante soldaduras a tope con 2 pasadas (una por el exterior y la otra por el interior). En principio, no se necesitaría

una preparación de los bordes debido al espesor de las chapas a soldar, en caso de que fuese necesario se las daría una preparación a los bordes en forma de V formando un ángulo de 60°. Al ser los espesores de las chapas de diferente espesor si el fabricante lo considera necesario se realizaría el achaflanado de una de ellas para que queden lo más alineadas posibles.

Las costuras longitudinales de la parte cilíndrica será la misma que en la costura anterior mediante soldadura a tope con 2 pasadas y preparación de bordes si se considera necesario.

Para la unión de la boca de hombre se procederá a la unión entre la parte cilíndrica y la tubuladura, posteriormente existirá una unión entre el refuerzo y la brida, así como entre el refuerzo y la parte cilíndrica. Todas estas soldaduras serán de tipo angular con un espesor de garganta igual a $0,7 \cdot e$ (espesor de la chapa) y con el número de pasadas que sean necesarias. Para las demás tubuladuras el procedimiento será el mismo que el anterior.

Los procesos de soldadura serán de tipo (TIG) 141 gas inerte de tungsteno ó (MIG) 131 gas inerte de metal; dependiendo de la maquinaria existente.

Se empleará soldadura de electrodo revestido de diámetro 3,25 mm ó 4,0 mm según el espesor a soldar, aplicando unas intensidades entre 60-100 amperios y voltajes mínimos para conseguir soldaduras de mejor calidad; respondiendo a la denominación DIN 1913: E5153 B10.

Habrà un previo punteado de los bordes a unir para facilitar su posterior soldadura y no existirá tratamiento térmico postsoldadura en ninguno de los cordones.



Para realizar el cálculo de la cantidad de electrodos necesarios a emplear procederemos calculando previamente la longitud de los cordones, el ancho de garganta y el número de pasadas realizadas. Emplearemos dos tipos de electrodos según convenga en cada ocasión.

La cantidad de material aportado para cada soldadura viene indicado en función del diámetro del electrodo empleado y de la densidad del mismo que se ha supuesto de 7.850 kg/cm^3 .



3 ANEJO DE JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Tabla 22. Anejo de justificación de precios

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
2 Bobina e = 4 mm 1.500 x 4 AISI 304 (Virola)	1.207	kp	3,5 €	4.224,50 €
6 Bobina e = 3 mm 1.500 x 3 AISI 304 (Virola)	2.715	kp	3,5 €	9.502,5 €
16 Chapas 3000x1500x6 AISI 304 fondo inferior	216	kg	3,5 €	756€
Tubo DN 150 AISI 304 (arriostramiento)	12	m	27€	324€
Fondo superior Klopper e=5mm	1	Ud	1.500€	1.500€
Soporte panel de explosión	1	Ud	550€	550€
Soporte filtro mangas	1	Ud	350€	350€
Soporte extractor vibrante	1	Ud	450€	450€
Soporte válvula de seguridad	1	Ud	90€	90€
Entrada de producto	1	Ud	50€	50€
Sufridera perimetral	1.260	kp	3,5€	4.410€
Placa característica	1	Ud	18€	18€



Continuación "Anejo de justificación de precios".

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
Conexión interruptor nivel	2	Ud	30€	60€
Boca de hombre Zorzini T/500/B más rejilla	1	Ud	270 €	270 €
Pequeños materiales (orejetas, tornillería...)	1	Ud	350€	350€
Portes varios	1	Ud	120€	120€
Horas de trabajo	400	Ud	30€	12.000€

PROYECTO EJECUCIÓN MATERIAL Y MANO DE OBRA (TOTAL)	35.025,00 €
---	--------------------

PROYECTO EJECUCIÓN MATERIAL Y MANO DE OBRA	35.025,00 €
GASTOS GENERALES (5%)	1.751,25 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (6%)	2.101,50 €
I.V.A. (18%)	6.304,50 €
TOTAL	45.182,25 €



INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL MECÁNICA

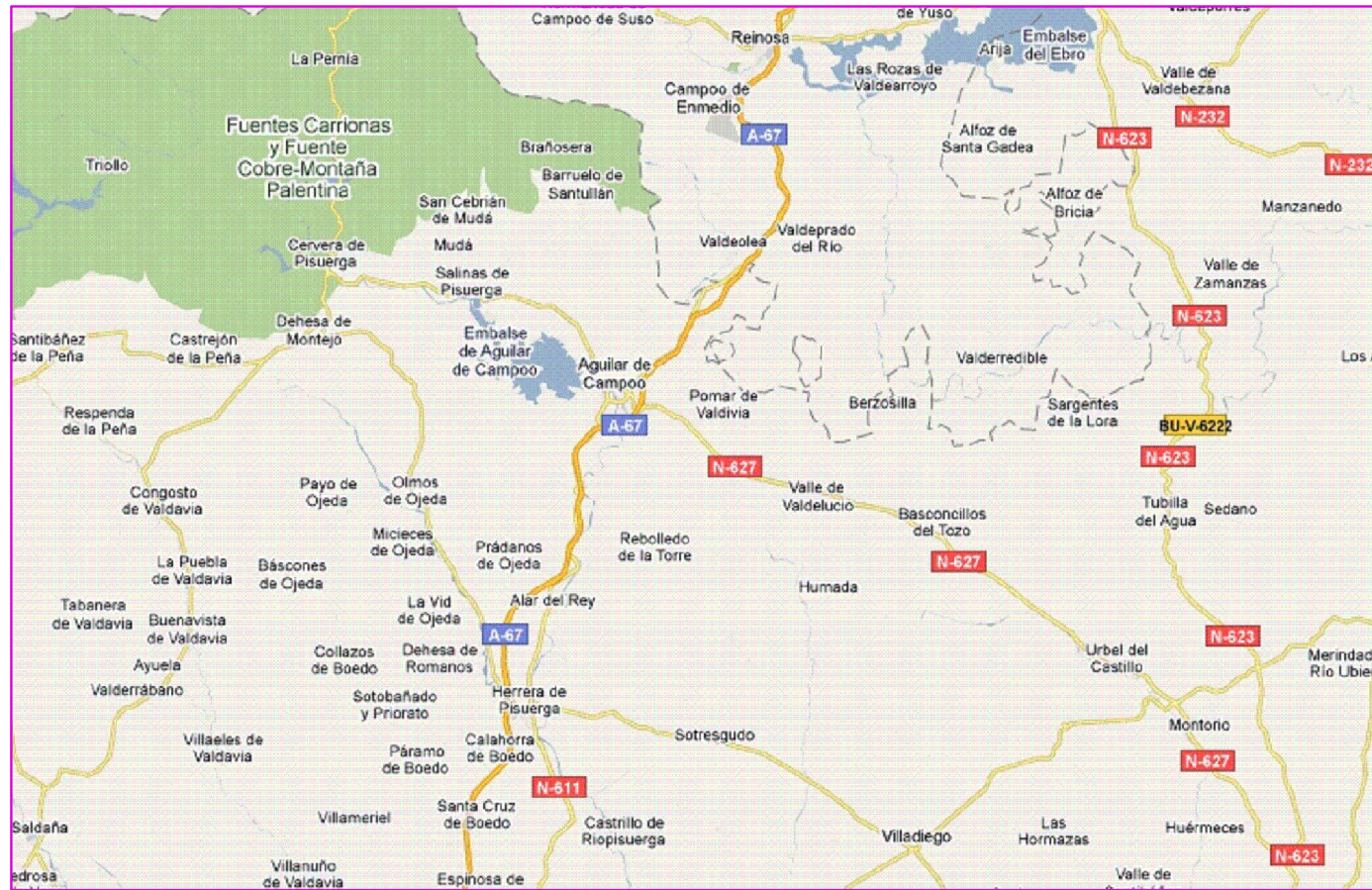
Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño "AD-MERKBLATT".

PLANOS



ÍNDICE

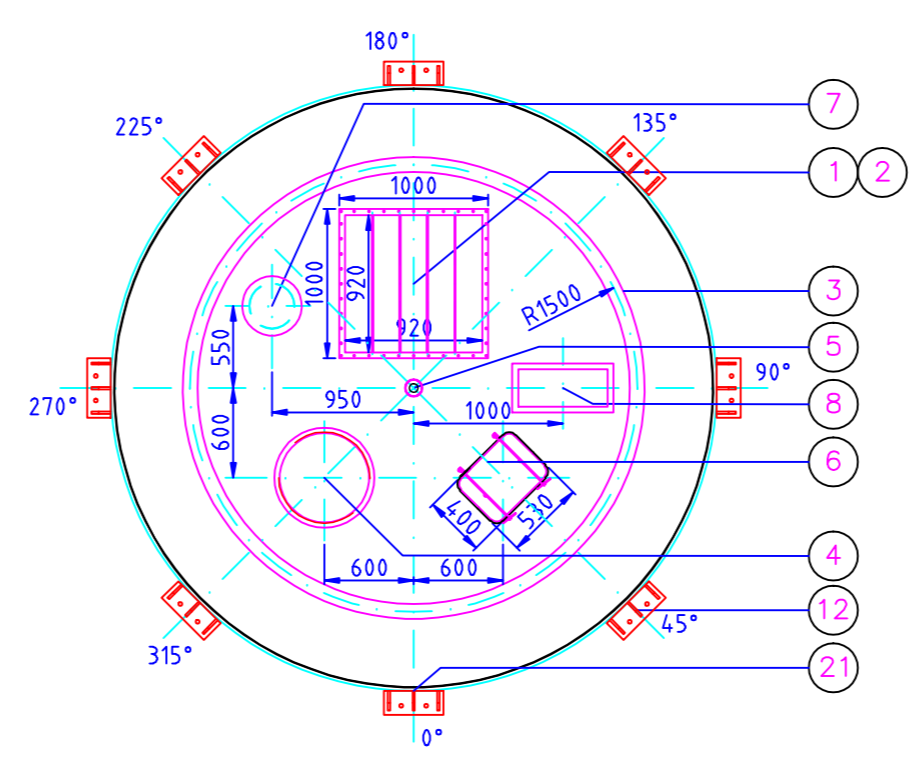
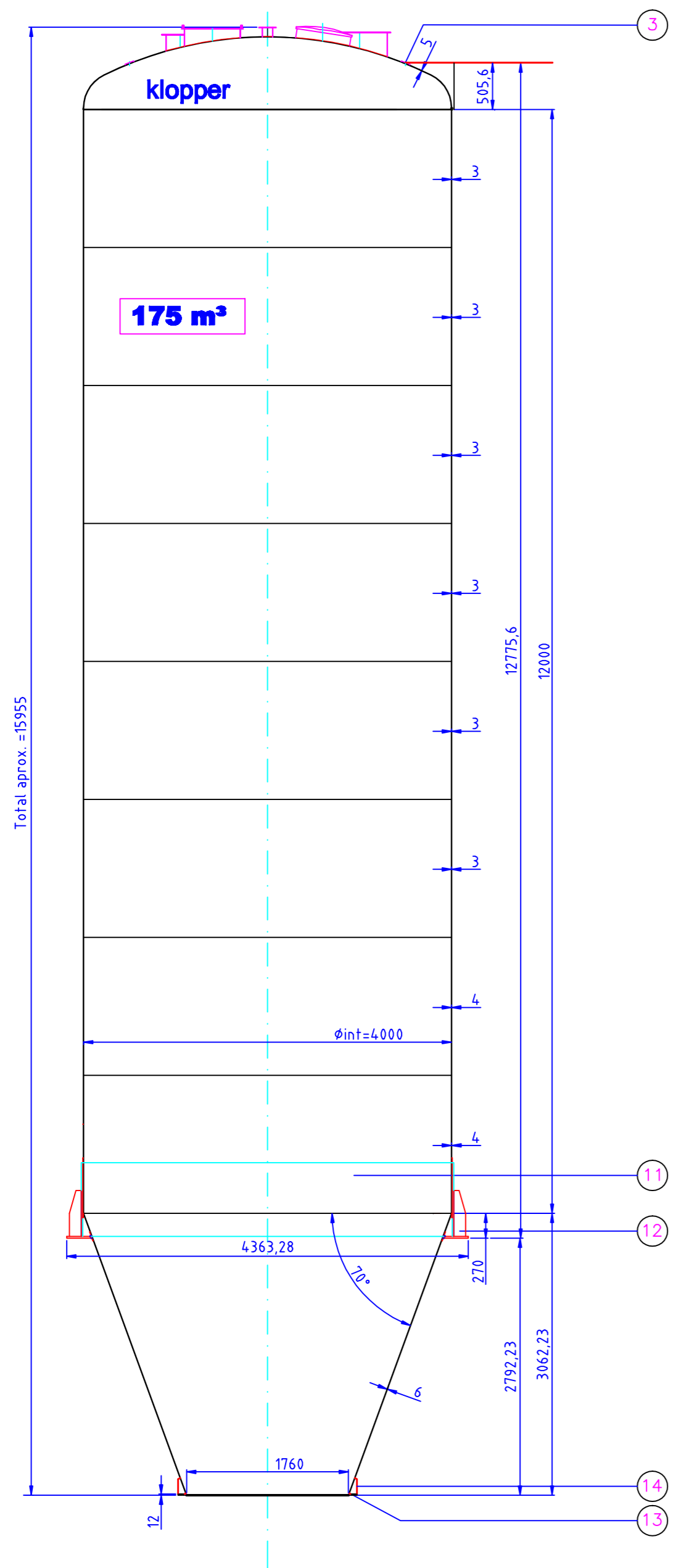
- PLANO 1. Emplazamiento
- PLANO 2. Silo
- PLANO 3. Rejilla anticaída+ brida panel de explosión+ junta neopreno 3mm+
contrabrida
- PLANO 4. Brida+ junta para filtro de mangas
- PLANO 5. Brida soporte para colocar extractor vibrante+ cartelas
- PLANO 6. Tubo 300x304 + brida + junta de neopreno + tapa ciega para válvula
de seguridad
- PLANO 7. Tubo 110,3x114,3 + brida + junta de neopreno + contrabrida para
entrada de producto
- PLANO 8. Cartelas
- PLANO 9. Conexión interruptor nivel
-



FÁBRICA GRUPO SIRO



Realizado por:		 ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA SECCIÓN DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
Samuel Calvo Temiño		
Escala:	Planos:	Fecha: 6/02/2012
S/E	Emplazamiento	Plano: Nº 1

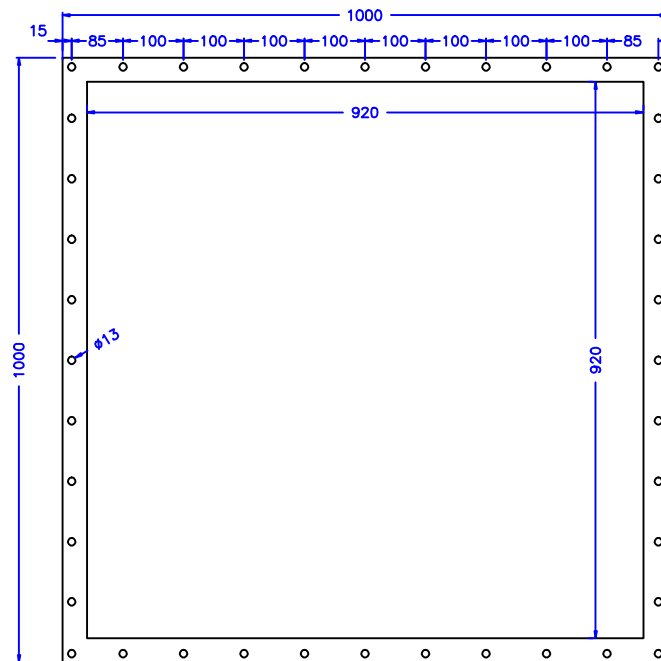
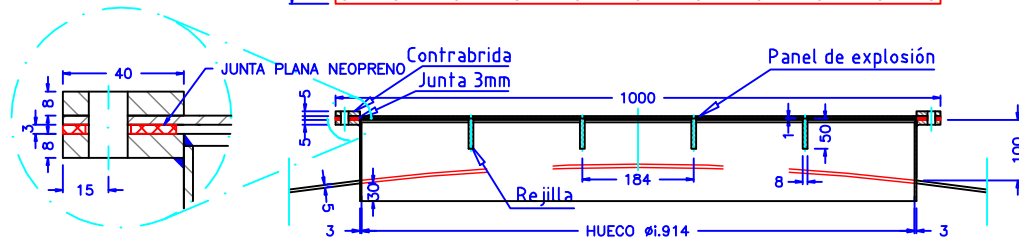
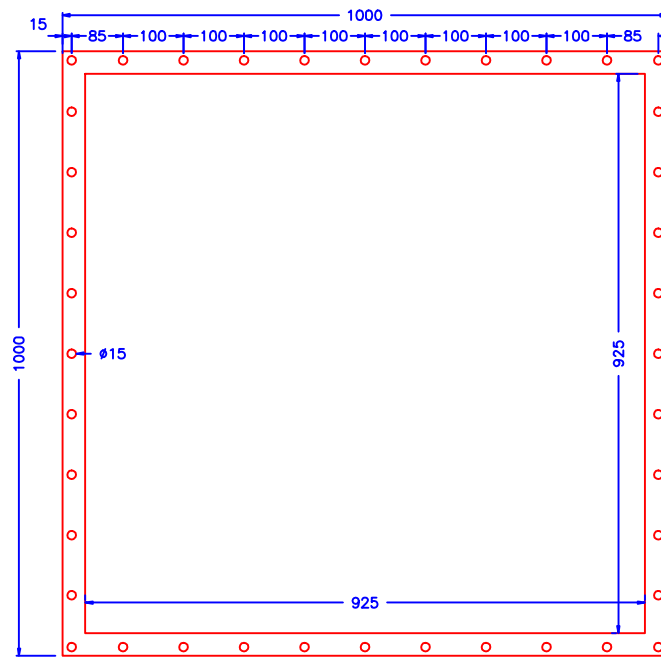


CARACTERISTICAS DEL DEPOSITO				PLACA DE CARACTERISTICAS	
ACABADOS	SOLDADURAS		SUPERFICIES		CE
	EXTERIORES	INTERIORES	EXTERIORES	INTERIORES	
FONDO INFER.					Nº DE FABRICACION: 2011 AÑO DE FABRICACION: 175 CAPACIDAD TOTAL (m³): ASI-304 MATERIAL: ASI-304 PG TANQUE(BARS): ATM PG CAMISA (BARS): - POTENCIA INSTALADA(QV): 0 PESO EN VACIO(QV): 12.800
FONDO SUPER.	DECAPADOS Y LIMPIOS	PRINCIPALES GR.80	2B	2B	
VROLA					
ACCESORIOS	DECAPADOS Y LIMPIOS	DECAPADOS Y LIMPIOS			

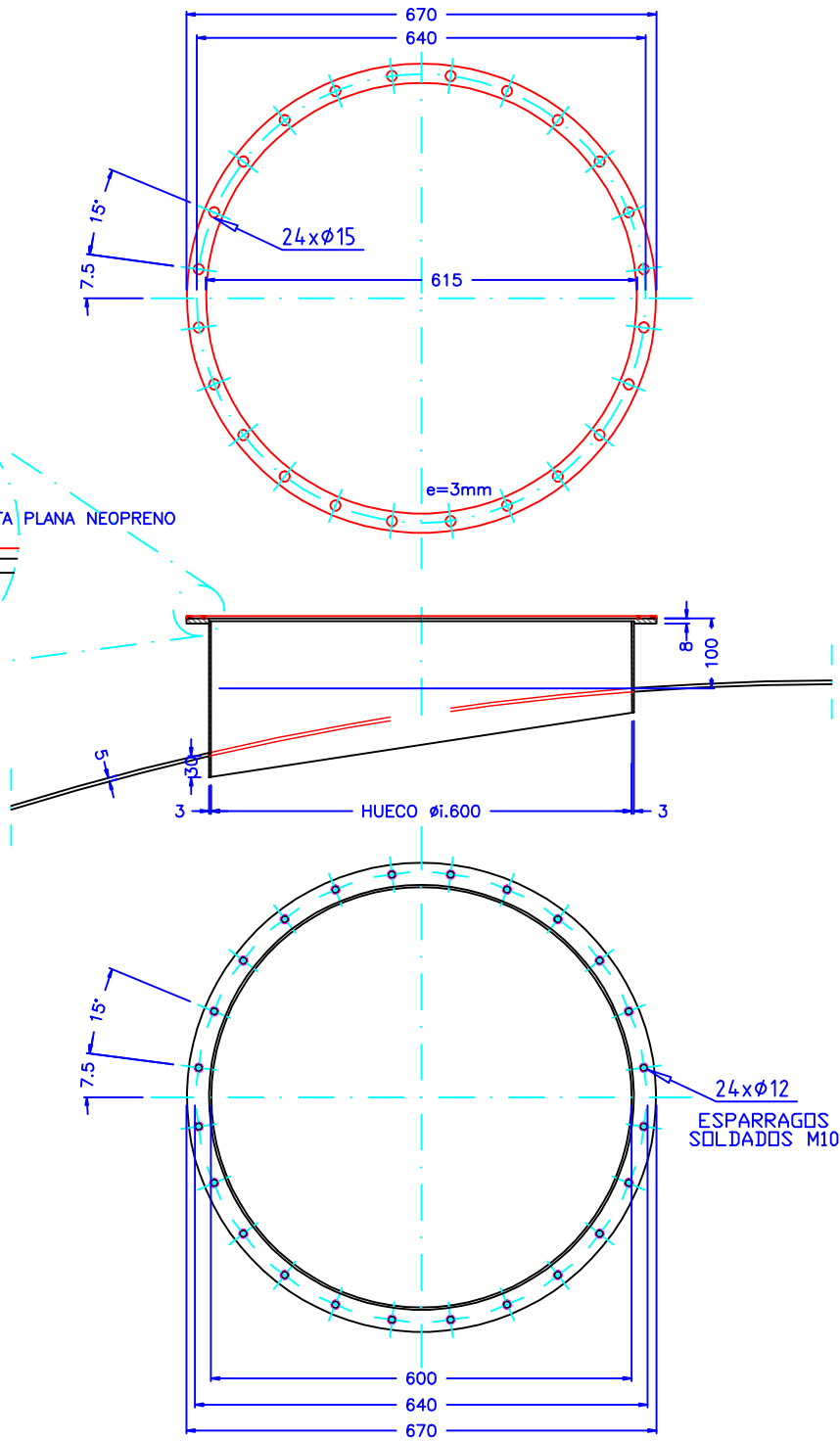
D E P O S I T		PRESION R.	TEMPERATURA	CODIGO:	AD-MERKBLATT
SERVICIO			0/100°C		Sólidos
MAX. ADMISIBLE			0/100°C		varios productos
PRUEBA		Atmosférico	Ambiente		
C A M I S		PRESION R.	TEMPERATURA		
SERVICIO					
MAX. ADMISIBLE		NO	NO		
PRUEBA					

POSIC.	DESCRIPCION	NORMA	MEDIDA	MATERIAL	CANTIDAD				
21	Líneas de soldadura verticales a 0°				1				
FONDO INFERIOR									
14	Cartelas (ver plano 5)			ASI 304	8				
13	Brida soporte para colocar extractor vibrante (ver plano 5)			ASI 304	1				
12	Cartelas , 4 van con el tanque (45°, 135°, 225° y 315°) y 4 colocación in situ en acero al carbono pretelado y pintado (ver plano 8)			AC	8				
11	Zuncho perimetral espesor 15mm en acero al carbono pretelado y pintado			AC	1				
FONDO SUPERIOR									
8	Brida rectangular 680x330 + junta de neopreno + tapa ciega para diversas conexiones (ver plano 9)		DN300	ASI 304	1				
7	Tubo 300x304 + brida + junta de neopreno + tapa ciega para válvula de seguridad (ver plano 6)		DN300	ASI 304	1				
6	Boca de hombre CAE 15A 400x530mm.		400x530mm	ASI 304	1				
5	Tubo 110,3x114,3 + brida + junta de neopreno + contrabrida para entrada de producto (ver plano 7)		DN100	ASI 304	1				
4	Brida + junta de neopreno para colocación de filtro (ver plano 4)		DN600	ASI 304	1				
3	Sufridera soldada en continuo en interior/superior. Espesor 4mm.		4mm	ASI 304	1				
2	Rejilla anticaida (Ver plano 3)			ASI 304	1				
1	Brida para panel de explosión + junta de neopreno de 3mm + contrabrida (Ver plano 3)		920x920mm	ASI 304	1				
<table border="1"> <tr> <td>N*Mod.</td> <td>Descripción</td> <td>Fecha</td> <td>Realizado</td> </tr> </table>						N*Mod.	Descripción	Fecha	Realizado
N*Mod.	Descripción	Fecha	Realizado						

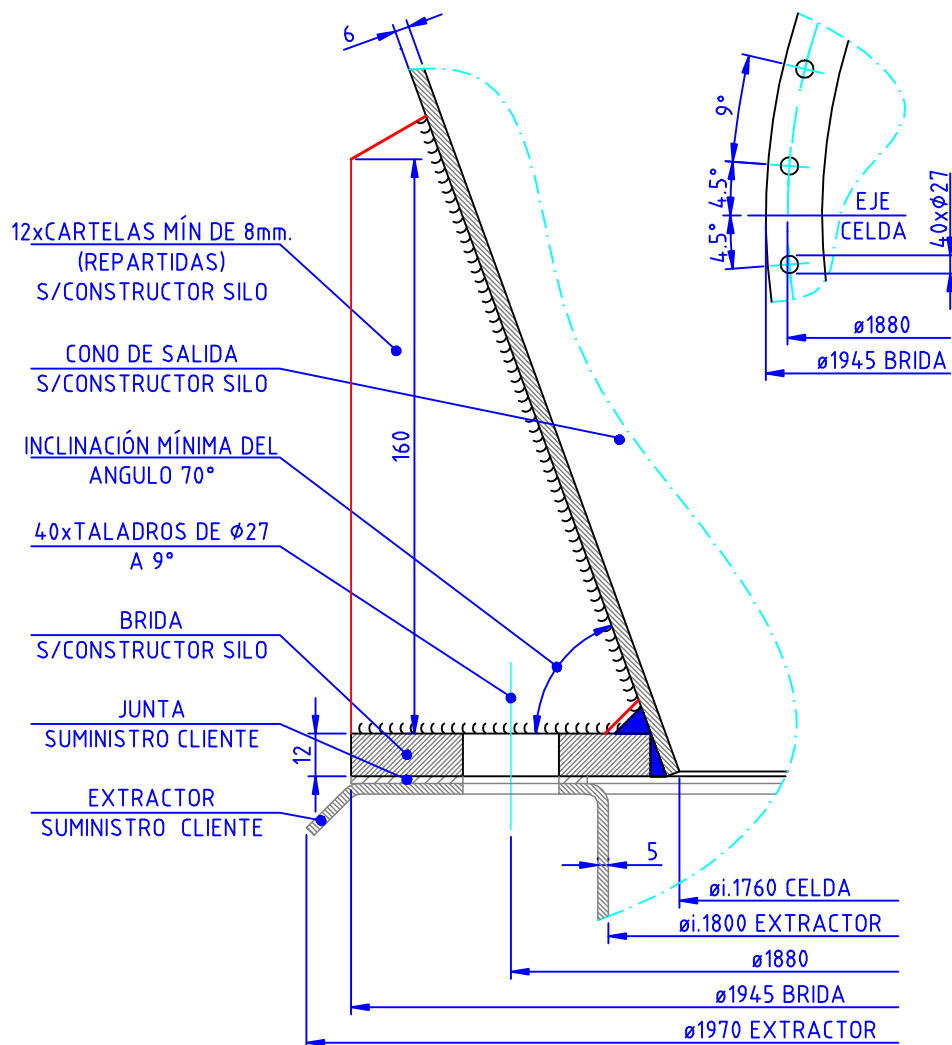
Realizado por:		ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA SECCIÓN DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
Samuel Calvo Temiño		
Escala:	Planos:	Fecha: 6/02/2012
1/50	Silo	Plano: N° 2
Nota: Cotas en mm.		



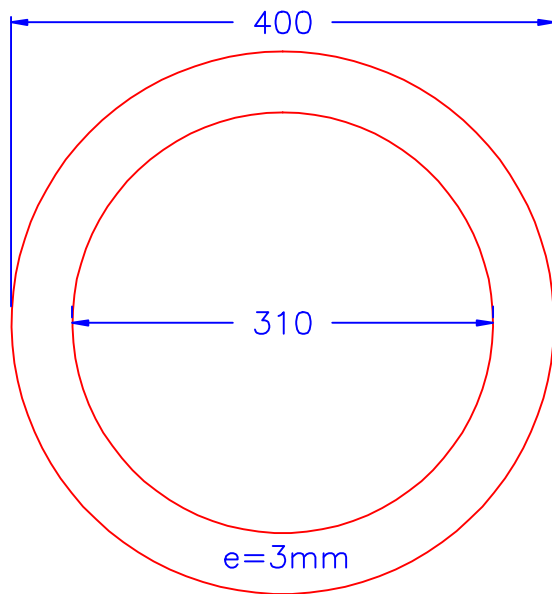
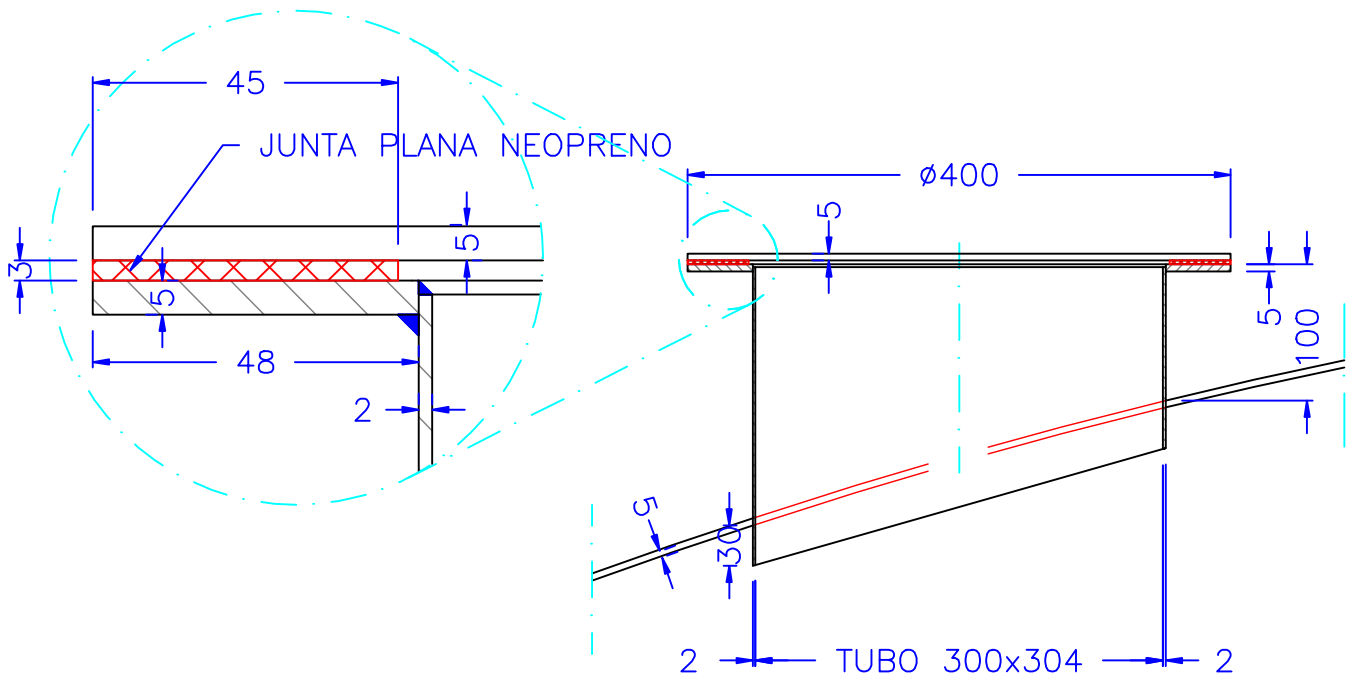
Realizado por:		 ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA SECCIÓN DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
Samuel Calvo Temiño		
Escala: 1/12,5	Plano: Rejilla anticáida+ brida panel de explosión+ junta neopreno 3mm+ contrabrida	Fecha: 6/02/2012
		Plano: Nº 3
		Nota: Cotas en mm.




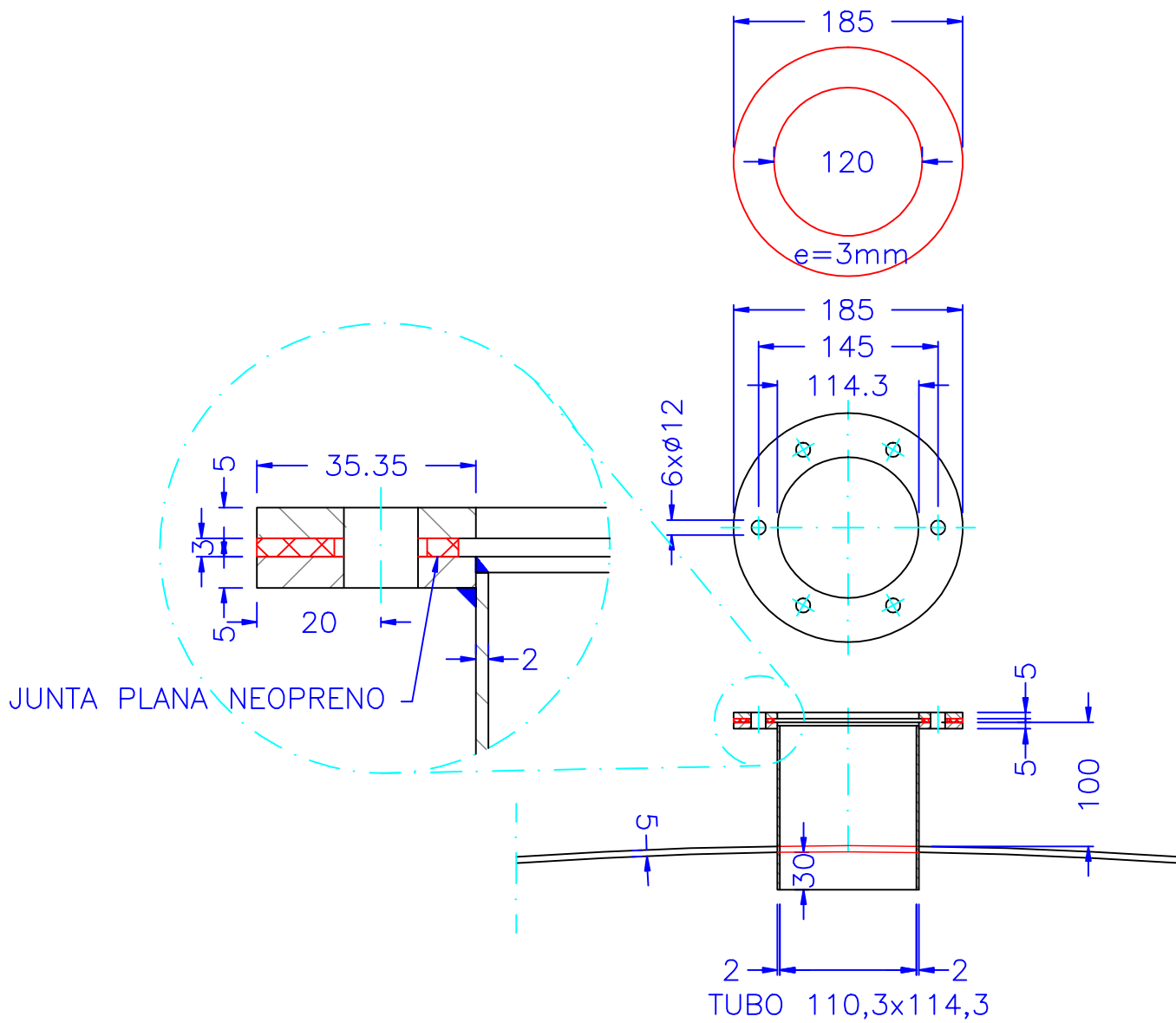
Realizado por:		 ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA SECCIÓN DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
Samuel Calvo Temiño		
Escala:	Plano:	Fecha: 6/02/2012
1/10	Brida+ junta para filtro de mangas	Plano: N° 4
		Nota: Cotas en mm.



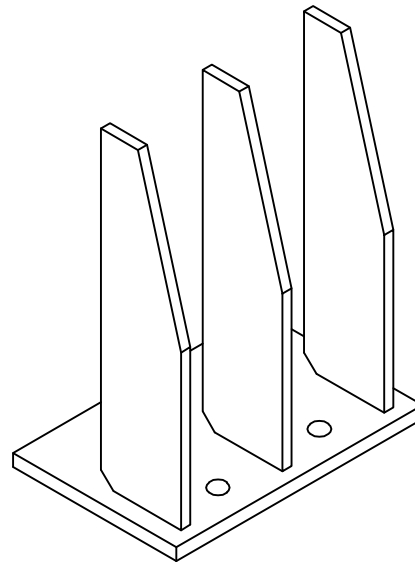
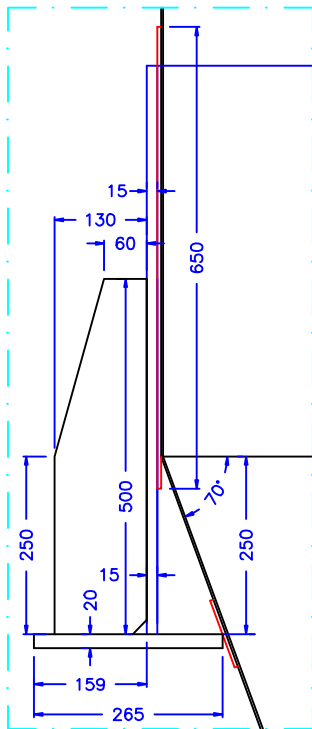
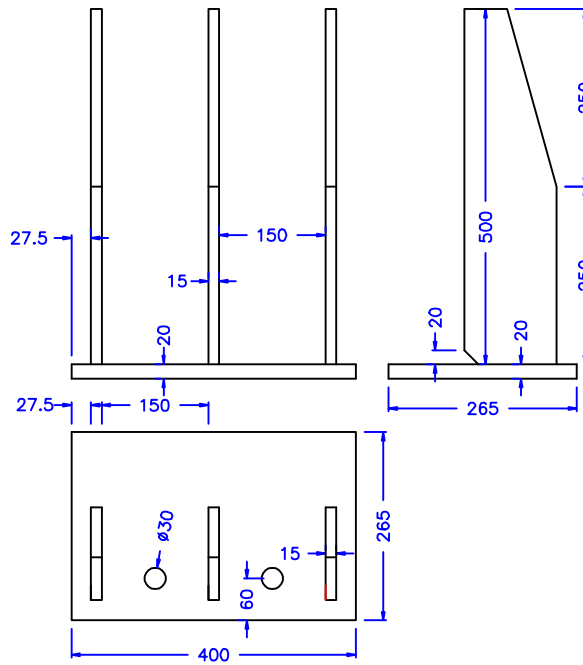
Realizado por:		 ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA SECCIÓN DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
Samuel Calvo Temifo		
Escala:	Plano:	Fecha: 6/02/2012
1/2	Brida soporte para colocar extractor vibrante+ cartelas	Plano: Nº 5
		Nota: Cotas en mm.




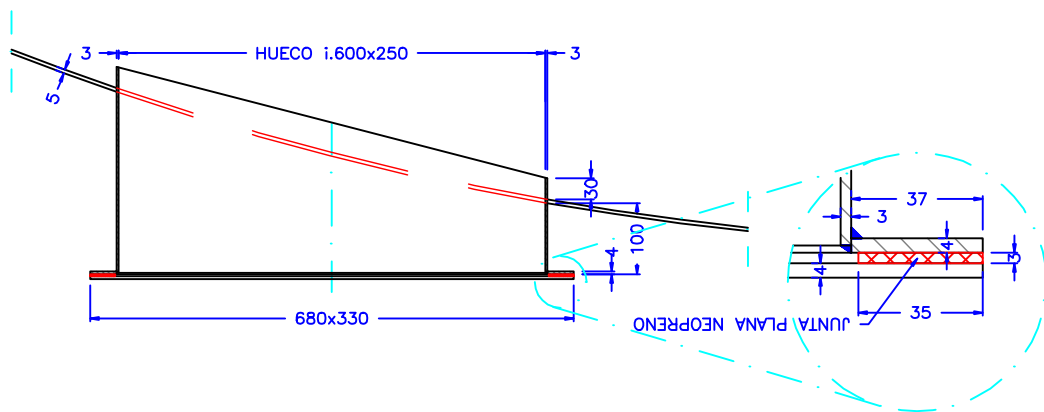
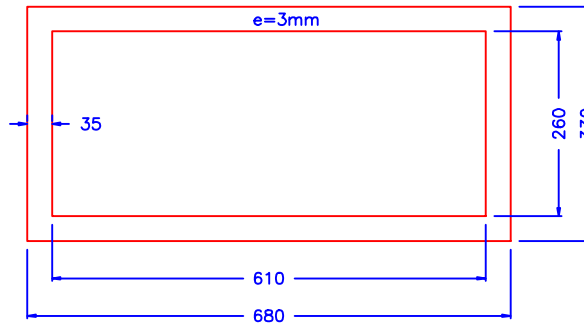
Realizado por:		 ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA SECCIÓN DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
Samuel Calvo Temiño		
Escala: 1/5	Plano: Tubo 300x304 + brida + junta de neopreno + tapa ciega para válvula de seguridad	Fecha: 6/02/2012
		Plano: Nº 6
		Nota: Cotas en mm.



Realizado por:		 ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA SECCIÓN DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
Samuel Calvo Temiño		
Escala: 1/5	Plano:	Fecha: 6/02/2012
	Tubo 110,3x114,3 + brida + junta de neopreno + contrabrida para entrada de producto	
	Plano: Nº 7	
		Nota: Cotas en mm.



Realizado por:		 ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA SECCIÓN DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
Samuel Calvo Temiño		
Escala:	Plano:	Fecha: 6/02/2012
1/10	Cartelas , 4 van con el tanque (45°, 135°, 225° y 315°) y 4 colocación in situ en acero al carbono pretratado y pintado	Plano: Nº 8
		Nota: Cotas en mm.



Realizado por:			ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA SECCIÓN DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
Samuel Calvo Temiño			
Escala:	Plano:	Fecha: 6/02/2012	
1/10	Conexión interruptor nivel	Plano: Nº 9	
		Nota: Cotas en mm.	



INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL MECÁNICA

Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño "AD-MERKBLATT".

PRESUPUESTO





INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL MECÁNICA

Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño "AD-MERKBLATT".

PRESUPUESTO

<u>CONCEPTO</u>	<u>EUROS</u>
PROYECTO EJECUCIÓN MATERIAL Y MANO DE OBRA	35.025,00 €
GASTOS GENERALES (5%)	1.751,25 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (6%)	2.101,50 €
I.V.A. (18%)	6.304,50 €
TOTAL	45.182,25 €

Por lo tanto el presupuesto final es: **CUARENTA Y CINCO MIL CIENTO OCHENTA Y DOS CON VEINTICINCO CENTIMOS DE EURO.**

Burgos, 6 de Febrero de 2012

Fdo: SAMUEL CALVO TEMIÑO



INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL MECÁNICA

Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

PLIEGO DE CONDICIONES



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

1 DISEÑO

Se deben aplicar los requisitos de la UNE-ENV 1991-4:1997 cuando:

- a) Cuando los silos contengan una serie de especificaciones técnicas no obligatorias relativas a las acciones en silos y depósitos para el almacenamiento de líquidos y materiales granulares a considerar
- b) La normativa básica de acciones a considerar en los proyectos de edificación, aprobada por el Real Decreto 1370/1988, de 11 de Noviembre, con la denominación de Norma Básica de la Edificación NBE-AE/88 constituye la reglamentación técnica sobre la materia, la cual contiene prescripciones relativas al cálculo de los empujes de las materias almacenadas sobre las paredes de depósitos, silos, que están directamente relacionadas con esta norma europea.

1.1 Sobreespesor de corrosión

En todos los casos en los cuales, como consecuencia de la corrosión o de la erosión superficial de una u otra de las superficies engendrada por los productos contenidos en el recipiente o por la atmósfera, puede producirse una reducción del espesor de la pared, se debe proporcionar un sobreespesor correspondiente que sea suficiente para la duración de vida para la cual están diseñados los componentes del recipiente. Los valores adoptados deben ser suficientes para cubrir la corrosión total esperada en una u otra de las superficies de la pared o en las 2 superficies de la pared del recipiente.

1.2 Encamisados y revestimientos

Sólo capas perfectamente impermeables, suficientemente espesas y químicamente estables con duración de vida media no inferior a la del recipiente a presión deben considerarse como una protección fiable contra la corrosión, pero las capas delgadas (como las obtenidas por aplicación de pintura, galvanoplastia, galvanización,



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

estañado, etc.) y los revestimientos para los cuales se sabe por experiencia que tienen que renovarse durante la vida de los componentes del recipiente, no deben utilizarse. Por lo que se refiere a los revestimientos plásticos, su aptitud debe justificarse teniendo en cuenta entre otros factores, el riesgo de difusión. El ensayo relativo a la protección contra la corrosión descrita en la Norma EN 286-2:1992 no se puede considerar apropiado para los recipientes a presión cubiertos por la presente norma.

1.3 Acciones

Durante el diseño de un recipiente, deben tenerse en cuenta las cargas siguientes si procede:

- a) Presión interior y/o exterior;
- b) Presión hidrostática máxima del fluido contenido, en las condiciones de servicio;
- c) Peso del recipiente;
- d) Peso máximo del producto contenido, en las condiciones de servicio;
- e) Peso del agua en las condiciones de prueba bajo presión hidráulica;
- f) Otras cargas o reacciones soportadas por el recipiente, incluidas las ejercidas durante el transporte y la instalación.

1.4 Métodos de diseño

El método de diseño empleado ha sido el “código de diseño AD-MERKBLATT”



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

2 MATERIALES

2.1 Requisitos de los materiales a utilizar en las piezas que tienen que soportar presión

Los materiales que deberán utilizarse para las piezas que tengan que soportar presión deben cumplir los requisitos generales y las disposiciones especiales si procede. Los materiales para las piezas que tengan que soportar presión se deben pedir cumpliendo las condiciones técnicas de suministro.

Los materiales se deben seleccionar de manera que sean compatibles con los pasos de fabricación previstos y adecuados para el fluido interno y el ambiente externo. Tanto la condiciones de funcionamiento normales como las condiciones transitorias que se produzcan durante la fabricación, transporte, ensayos y funcionamiento se deben tener en cuenta a la hora de especificar los materiales.

Los materiales deben agruparse de acuerdo con el Informe Técnico CR ISO 15608:2000 para relacionar los requisitos de fabricación e inspección con tipos genéricos materiales.

Se han asignado materiales a estos grupos de acuerdo con su composición química y sus propiedades en relación con la fabricación y el tratamiento térmico después del soldeo.

Los materiales para partes que tengan que soportar presión y que cumplan los requisitos de esta norma europea deben ir acompañados por documentos de inspección de acuerdo con la Norma EN 10204:1991.

El tipo de documento de inspección debería estar de acuerdo con la Norma EN 764-5:2002 e incluir una declaración de cumplimiento de la especificación del material.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

Los materiales deben estar exentos de defectos superficiales e internos que puedan perjudicar la posibilidad de utilizarlos según lo pretendido.

Los aceros deben tener un alargamiento mínimo especificado después de la rotura, medido sobre una longitud de referencia.

$$L_0 = 5,65 \cdot \sqrt{S_0}$$

Donde:

S_0 es la sección transversal original dentro de la longitud de referencia.

El alargamiento mínimo después de la rotura (en cualquier dirección) debe ser $\geq 14\%$;

Sin embargo, también podrán admitirse valores menores del alargamiento (por ejemplo para elementos de fijación o piezas fundidas), siempre que se adopten las medidas apropiadas para compensar estos valores inferiores y que se puedan verificar los requisitos específicos.

Cuando se hagan mediciones sobre una longitud de referencia distinta de la anterior, el alargamiento mínimo después de la rotura se debe determinar convirtiendo el alargamiento indicado en dicho apartado de acuerdo con:

- La Norma EN ISO 2566-1:1999 para aceros al carbono (aleados) de baja contenido de aleación;
- La norma EN ISO 2566-2:1999 para aceros austeníticos.

Los aceros deben tener un valor de resiliencia (energía de choque) mínima especificada. Medida en una probeta del ensayo de resiliencia (choque) de entalla en V de Charpy (EN 10045-1) de acuerdo con lo siguiente:



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

- ≥ 27 J para aceros ferríticos y aceros aleados con contenido de níquel comprendido entre el 1,5% y el 5%;
 - ≥ 40 J para aceros de los grupos de materiales 8, 9.3 y 10.
- a una temperatura de ensayo de acuerdo con el anexo B, pero no superior a 20°C. También se deben aplicar los demás requisitos del anexo B.

La composición química de los aceros destinados a soldeo o conformación no deben presentar valores superiores a los indicados en la (Tabla 1). Las excepciones deben justificarse técnicamente.

Tabla 1. *Contenidos máximos de C, P y S para aceros destinados a soldadura o conformación*

Grupo de aceros (de acuerdo con la tabla A.1-1)	% C	% P	% S
Aceros (1 a 6 y 9)	0,23	0,035	0,025
Aceros inoxidables ferríticos (7.1)	0,08	0,040	0,015
Aceros inoxidables martensíticos (7.2)	0,06	0,040	0,015
Aceros inoxidables austeníticos (8.1)	0,08	0,045	0,015
Aceros inoxidables austeníticos (8.2)	0,10	0,035	0,015
Aceros inoxidables austeníticos/ferríticos (10)	0,030	0,035	0,015

2.2 Disposiciones especiales

Cuando el comportamiento de un material pueda verse afectado por procesos de fabricación o condiciones de funcionamiento hasta un punto tal que pueda afectar adversamente a la seguridad o la vida de servicio del recipiente a presión, esto se debe tener en cuenta a la hora de especificar el material.

Efectos adversos pueden ser el resultado de:



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

- Procesos de fabricación: por ejemplo, grado de conformación en frío y tratamiento térmico;
- Condiciones de funcionamiento: por ejemplo, fragilización por hidrógeno, corrosión, formación de óxido y envejecimiento del material después de la conformación en frío.

Cuando sea necesario hacer frente a desgarramiento laminar debido al diseño de las uniones y a las cargas, se deben utilizar aceros que tengan propiedades mejoradas de deformación perpendicularmente a la superficie y se deben verificar con la Norma EN 10164:1993.

2.3 Temperatura de diseño por encima de 20 °C

Un material sólo se debe utilizar para partes sometidas a presión dentro del intervalo de temperaturas para el cual las propiedades del material requeridas por la Norma EN 13445-3 estén definidas en la especificación técnica del material. Si las condiciones técnicas de suministro no contienen los valores específicos del material necesarios para la temperatura admisible TS , los valores requeridos según la Norma EN 13445-3 se deben determinar mediante interpolación lineal entre los dos valores adyacentes. Los valores no se deben redondear por exceso.

Para aceros inoxidable distintos de los austeníticos y austeníticos/ferríticos, el valor R_{eH} ($R_{p0,2}$) de la temperatura ambiente (RT) podrá utilizarse para temperaturas inferiores o iguales a 50°C. La interpolación entre 50°C y 100°C se debe realizar con los valores de RT y 100°C, utilizando como punto de partida para interpolación 20°C. Por encima de 100°C, la interpolación se debe realizar entre los valores tabulados dados en la tabla.

Puesto que las propiedades de resiliencia (resistencia al impacto) del material, pueden verse afectadas por estancias (mantenimiento) frecuentes o durante largos periodos a temperaturas elevadas, se presupone que las temperaturas y periodos de exposición a temperaturas elevadas se deben registrar para someterlos a revisión



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

durante la inspección en servicio. La influencia de dicha exposición sobre la esperanza de vida se debe estimar y registrar.

Para operaciones tales como secado y limpieza de recipientes a presión, los aceros con propiedades especificadas a temperatura baja pero sin valores de límite elástico del 0,2% a temperatura elevada pueden no obstante ser utilizados a temperaturas elevadas para procesos de secado y limpieza, siempre que los valores de límite elástico (resistencia a la tracción) del 0,2% utilizados e los cálculos de diseño para temperaturas elevadas se deben obtener multiplicando los valores especificados mínimos del límite elástico a 20 °C por un factor de seguridad específico.

2.4 Requisitos específicos para aceros para elementos de fijación

Los elementos de fijación incluyen tornillos, espárragos y tuercas.

No se debe utilizar acero de corte libre. La tornillería fabricada de acero al carbono o de acero ferrítico al níquel con un contenido de níquel superior al 3,5% no se debe utilizar por encima de 300°C.

La resistencia mínima a la tracción especificada de los materiales en barra de aceros ferríticos o martensíticos para tornillos no debe ser superior a 1000 N/mm². El alargamiento mínimo del material en barra después de la rotura debe ser como mínimo $A_5 = 14\%$.

El material de los tornillos con una temperatura de diseño inferior a -160 °C se debe someter a ensayo de resiliencia a -196 °C.

Cuando proceda, se den tener en cuenta las propiedades de fragilización por hidrógeno, fatiga o relajación.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

2.5 Condiciones técnicas de suministro

Las normas europeas para chapas, pletinas, barras, tubos, accesorios, piezas forjadas, piezas fundidas, bridas, cuerpos de válvula y otros accesorios para partes sometidas a presión se deben utilizar de acuerdo con las limitaciones especificadas en la tabla A.2-1, para el suministro de materiales para uso en un recipiente a presión.

Si procede, se deben tener en cuenta disposiciones especiales debidas a razones de fabricación y funcionamiento.

Un material especificado en una EMDS para recipientes a presión sólo se deb utilizar dentro de su intervalo de aplicación.

Podrán utilizarse materiales distintos de los especificados siempre que hayan sido aceptados por una evaluación particular del material.

Productos de revestimiento: Las condiciones técnicas de suministro para productos de revestimiento para partes sometidas a presión deben estar de acuerdo con los requisitos del anexo C.

Consumibles de soldadura: Las condiciones técnicas de suministro para consumibles de soldeo para el soldeo de piezas y conexiones sometidas a presión a partes sometidas a presión deben estar de acuerdo con las disposiciones de las Normas EN 12074:2000 y el proyecto de Norma prEN 13479-1:1999.

Se aceptan especificaciones nacionales/internacionales equivalentes que cumplan los mismos criterios respecto a los requisitos para el sistema de aseguramiento de la calidad y los requisitos para fabricación, suministro, distribución, métodos de ensayo y evaluación de consumibles.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

2.6 Marcado

El marcado de los productos o de las unidades entregadas debe asegurar la posibilidad de hacer un seguimiento entre el producto o unidad suministrada y los documentos de inspección.

Para materiales según normas europeas, el marcado debe cumplir los requisitos de la norma del producto correspondiente.

Para materiales no contenidos en una norma europea, el marcado debe contener como mínimo:

- La especificación del material (referencia, designación del material);
- El nombre o marca de los fabricantes;
- El sello del representante de inspección, si procede.

Para materiales suministrados con una inspección específica, el marcado debe incluir una identificación que permita la correlación entre el producto o unidad suministrada y el documento de inspección correspondiente.

2.7 Requisitos de los materiales a utilizar en las piezas que no tienen que soportar presión

Para piezas que no tienen que soportar presión, por ejemplo, para patas de apoyo, camisas, deflectores y otras piezas similares soldadas a recipientes a presión, se debe utilizar material que se suministre de acuerdo con especificaciones de materiales que cubran al menos los requisitos relativos a la composición química y a las propiedades de resistencia a la tracción. Estos materiales no deben limitar las condiciones de funcionamiento del material al cual se fijan.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

3 FABRICACIÓN

3.1 Requisitos para la fabricación y subcontratación

3.1.1 Fabricación

La organización del control de las operaciones de fabricación que incluyan procesos especiales como soldeo, conformación y tratamiento térmico deben estar claramente definidas por el fabricante;

- a) Los procedimientos de fabricación tales como soldeo, conformación y tratamiento térmico son adecuados para el fin al que estén destinados y el recipiente a presión cumple los requisitos de esta norma. Cuando existan requisitos específicos asociados con los materiales, se deben tener en cuenta estos requisitos, por ejemplo, EAMs;
- b) El equipo de fabricación es adecuado para la fabricación;
- c) El personal es idóneo para las tareas asignadas;
- d) Se cumplen como mínimo los requisitos de calidad para el soldeo definidos en la Norma EN 729-3:1994.

3.1.2 Subcontratación

El fabricante puede subcontratar trabajo, pero debe asegurarse de que el subcontratista realice dicho trabajo de acuerdo con los requisitos de esta norma europea. El fabricante es responsable de la definición adecuada del trabajo subcontratado y de la necesidad de cualquier registro asociado.

En todas las ocasiones en las cuales el trabajo del subcontratista incluya:



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

- a) Soldeo;
- b) Conformación, incluido el tratamiento térmico asociado;
- c) Tratamiento térmico después del soldeo;
- d) Ensayos no destructivos de soldaduras (véase la Norma EN 13445-5:2002):

El fabricante debe obtener un formulario de subcontratista.

En los casos en los que se subcontraten operaciones de soldeo, el fabricante debe obtener también copias del procedimiento de soldeo y de los registros de cualificación de los operadores de soldeo o debe adoptar las medidas necesarias para asegurar que se cumple totalmente esta norma.

Para cumplir su responsabilidad de asegurar que el subcontratista realiza el trabajo de acuerdo con esta norma, el fabricante se debe asegurar que se realice la vigilancia del trabajo subcontratado.

En los casos en que un fabricante fabrique equipos que requieran la intervención de una autoridad responsable, el fabricante debería informar a dicha autoridad de su intención de subcontratar, para que la autoridad responsable tenga oportunidad de tomar parte en la vigilancia del subcontratista.

3.2 Materiales

3.2.1 Generalidades

La agrupación se aplica independientemente de la forma del producto, es decir, chapa, pieza forjada, tubo.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

3.2.2 Sistema de identificación

El sistema de identificación del fabricante del recipiente debe asegurar que todos los materiales a utilizar en el recipiente se han sometido y han superado satisfactoriamente lo siguiente:

- a) Examen del material antes de la fabricación con objeto de detectar, en la medida de lo posible, imperfecciones que puedan afectar a la seguridad del trabajo;
- b) Comprobación del material para determinar que tiene el espesor adecuado;
- c) Comprobación del material para tener la seguridad de que los materiales están permitidos por esta norma europea, se puede hacer su seguimiento completo hasta la certificación de material correcto y están de acuerdo con lo especificado en la documentación del diseño;
- d) Comprobación de los consumibles de soldeo para asegurar que las marcas son correctas y que se mantienen en condiciones adecuadas para evitar su deterioro.

3.2.3 Transferencia de marcados

En el caso de que sea inevitable cortar los marcados de identificación originales o de que el material se divida en dos o más piezas, los marcados se deben transferir con exactitud por el personal designado por el fabricante antes de proceder a su corte.

El marcado real de los materiales se debe realizar mediante métodos que no sean perjudiciales para el material en su uso o funcionamiento posterior.

La transferencia de marcados debe tener lugar antes de partir el producto y después de la verificación de las marcas presentes con la certificación correspondiente.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

3.2.2.3 Unión de las partes de distintos espesores

- a) Adelgazar la chapa más gruesa de acuerdo con el plano de diseño aplicando después los requisitos anteriores para partes con el mismo espesor nominal; o bien
- b) Obtener la reducción progresiva necesaria a través de todo el ancho de las soldaduras o mediante una combinación de recrecimiento con soldadura en la superficie inferior mediante aportación de metal de soldadura, para obtener a continuación la inclinación requerida a través de todo el ancho de soldadura.

3.3 Soldeo

3.3.1 Generalidades

El soldeo de las partes componentes de un recipiente a presión sólo se deben emprender si se cumplen las condiciones siguientes:

- a) El fabricante tiene una especificación del procedimiento de soldeo;
- b) Los procedimientos de soldeo seleccionados por el fabricante están cualificados para el campo de aplicación;
- c) Los soldadores y los operadores de soldeo están cualificados para el trabajo asignado a ellos y su aprobación es válida.

3.3.2 Especificación del procedimiento de soldeo (WPS)

El fabricante, debe compilar las especificaciones del procedimiento de soldeo de acuerdo con la Norma EN 288-2:1992 para todas las soldaduras.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

3.3.3 Cualificación de las especificaciones del procedimiento de soldeo (WPAR)

Las especificaciones del procedimiento de soldeo que se vayan a utilizar en la producción deben cualificarse por referencia a una WPAR apropiada.

Para las soldaduras que tengan que resistir presión de un recipiente a presión esto se debe lograr realizando los ensayos de aprobación del procedimiento de soldeo de acuerdo con la Norma EN 288-3:1992 o bien realizando ensayos previos a la producción de acuerdo con la Norma EN 288-8:1995.

3.3.4 Cualificación de soldadores operadores de soldadura

Los soldadores y operadores de soldadura se deben aprobar de acuerdo con las Normas EN 287-1:1992 o EN 1418:1997 respectivamente.

El fabricante debe mantener una lista actualizada de soldadores y operadores de soldeo, junto con registros de su ensayo de aprobación.

La prolongación (cada seis meses) y la repetición de la aprobación (cada dos años) se deben realizar de acuerdo con la Norma EN 287-1:1992.

Los ensayos demostrativos de la prolongación y de la repetición de la aprobación se deben conservar durante dos años como mínimo.

3.3.5 Metales de aportación y materiales auxiliares

Las condiciones técnicas de suministro para los consumibles de soldeo deben cumplir lo dispuesto en la Norma EN 13445-2:2000, los metales de aportación y los materiales auxiliares se deben documentar y ser adecuados para su utilización con los metales base, los procesos de soldeo y las condiciones de fabricación.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

Todos los consumibles de soldeo se deben almacenar y manipular con cuidado y se deben utilizar de acuerdo con las condiciones especificadas por el fabricante de los consumibles de soldeo.

No se deben utilizar electrodos, alambres y varillas de aportación y fundentes que presenten indicios de daños o deterioro, tales como recubrimiento agrietado o con escamas o alambre de electrodo oxidado o sucio.

3.3.6 Preparación de la unión

El material se debe cortar de acuerdo con su tamaño y forma mediante cualquier procedimiento de corte térmico o mecánico o mediante una combinación de ambos.

Si se utiliza un procedimiento de corte térmico, se deben adoptar precauciones para asegurar que los bordes no se vean afectados adversamente por endurecimiento.

Los bordes cortados de aceros ferríticos que se corten mediante un proceso térmico, se deben repasar mediante esmerilado o mecanizado si así lo requiere la WPS.

La superficie a soldar se debe limpiar perfectamente de óxido, cascarilla, aceite, grasa u otras sustancias extrañas y debe estar exenta de defectos tales como inclusiones, grietas y laminaciones para evitar cualquier efecto perjudicial sobre la calidad de la soldadura.

Los bordes a soldar se deben mantener en la posición que les corresponda, bien mediante medios mecánicos, fijaciones temporales o puntos de soldadura o bien mediante una combinación de estos. Los puntos de soldadura se deben quitar o fundir de nuevo en el cordón de la soldadura. En ambos casos, el fabricante debe tomar todas las precauciones necesarias para que los puntos de soldadura o las fijaciones temporales, o una combinación de estos, no den lugar a defectos metalúrgicos o de homogeneidad.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

Si se utilizan soldaduras realizadas por un solo lado, el fabricante se debe asegurar de que la alineación y la separación de los bordes a soldar sean las adecuadas para asegurar la penetración requerida en la raíz de la soldadura.

Durante toda la operación de soldeo, los bordes a soldar se deben sujetar de tal manera que se mantengan las tolerancias de alineación.

3.4 Reparaciones

Este capítulo cubre los requisitos relativos a reparaciones de la superficie y de las soldaduras.

3.4.1 Reparaciones de defectos superficiales en el metal base

Si se trata de defectos superficiales que no sean muy profundos, tales como cebados accidentales del arco, marcas de herramientas, marcas de corte con oxiacetileno, etc., los defectos se deben eliminar mediante esmerilado y la zona esmerilada debe presentar una transición suave respecto a las superficies adyacentes. El esmerilado va seguido de una inspección para detectar defectos superficiales (véase también la Norma EN 13445-2:2002 para los requisitos de inspección).

Se debe comprobar la profundidad de la reparación para tener la seguridad de que se cumplen los límites de tolerancia para el material restante.

Si el esmerilado reduce el espesor de la pared por debajo del límite admisible y resulta necesaria una reparación por soldeo, el fabricante debe realizar esta reparación de acuerdo con un procedimiento cualificado y utilizando soldadores y operadores cualificados.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

3.4.2 Reparación de defectos de soldadura

Se deben eliminar todas las imperfecciones inaceptables, bien por medios mecánicos (como esmerilado o mecanización) o bien por medios térmicos (como arranque al aire por arco o arranque térmico) o mediante una combinación de medios térmicos y mecánicos. El fabricante tiene la responsabilidad de decidir la manera en la que se deben eliminar las imperfecciones inaceptables. Esto puede hacerse por medios locales o mediante la eliminación de la soldadura de la unión, repitiendo a continuación la soldadura.

Si se utiliza arranque térmico o arranque al aire por arco en aceros austeníticos, debe tenerse cuidado para eliminar cualquier contaminación de la soldadura o del material restante. De forma similar, cuando se realice el arranque con electrodos de grafito en aceros ferríticos, la superficie afectada debe eliminarse por medios mecánicos hasta una profundidad mínima de 0,3 mm.

Cuando se eliminen imperfecciones inaceptables no seguidas por soldadura, todo el espesor restante debe ser mayor que el espesor mínimo necesario para satisfacer las condiciones de diseño. La zona debe tener una inclinación respecto a las superficies adyacentes y se debe unir suavemente a las mismas.

Las reparaciones por soldadura se deben realizar de acuerdo con una WPS que haya sido cualificada.

Las reparaciones deben realizarse por soldadores u operadores cualificados. Las zonas reparadas con soldadura se deben someter a examen no destructivo de acuerdo con la Norma EN 13445-5:2002.

Si se realizan reparaciones con soldadura después del tratamiento térmico o prueba hidráulica posterior a la soldadura, se deben repetir estas operaciones. Cualquier tratamiento térmico adicional después de la soldadura realizado, se debe considerar en términos de su efecto sobre las propiedades del material y de la soldadura.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

3.5 Operaciones de acabado

Las operaciones de acabado se deben realizar una vez que el recipiente se haya sometido al ensayo de presión y antes de su envío / transporte.

Si es estrictamente necesaria cualquier operación térmica o mecánica después de las pruebas de presión y de fugas, se debe repetir de nuevo el tratamiento, las pruebas de presión y de fugas y el tratamiento superficial.

Deben realizarse las siguientes operaciones de acabado:

- a) Examen completo de la superficie interior y exterior;
- b) Limpieza de las superficies interiores y secado completo del recipiente;
- c) Protección de todas las bridas y manguitos contra choques y oxidación;
- d) Protección de la superficie interior contra corrosión atmosférica y contra la entrada de toda materia extraña.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

4 INSPECCIÓN Y ENSAYOS

Además de la inspección por parte del vendedor, un representante del propietario podrá inspeccionar el equipo y presenciar la prueba, teniendo, en todo momento, derecho a rechazar los materiales y/o fabricación insatisfactorios.

Los inspectores del comprador tendrán libre acceso, en todo momento y mientras se realicen los trabajos, a los talleres del vendedor.

El vendedor dará a los inspectores todas las facilidades razonables para poder comprobar que los equipos se construyen de acuerdo con las especificaciones.

La inspección y aprobación por el propietario, no releva al vendedor del cumplimiento de estas especificaciones.

Cualquier defecto que se encuentre será satisfactoriamente reparado: una vez terminada la reparación, equipo y sus partes, será completamente probados de nuevo.

El equipo será radiografiado, como mínimo, tal como se indica en los documentos del propietario, y de acuerdo con el código aplicado.

Los métodos de examen no destructivos para las soldadura y los criterios de aceptabilidad, deberán ser opcionales por el vendedor, sujetos, sin embargo, a la aprobación del propietario.

Se cumple con los requisitos del examen radiográfico por puntos, cuando se examina al menos el 10% de la longitud de las juntas soldadas a tope del cuerpo y fondos. Este examen debe incluir, en cualquier caso, todas las intersecciones de dos uniones soldadas.

Si con el radiografiado de estas intersecciones, se excede el 10% ó mas de la longitud total de las uniones soldadas, debe realizarse una radiografía extra por cada soldadura longitudinal entre dos intersecciones.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

La situación de los puntos para las radiografías, podrá ser indicada por el propietario.

Si se solicita radiografiado total, la soldadura entra tubos de las conexiones y el cuerpo ó fondo, siempre que no puedan ser radiografiadas, serán aprobadas como sigue:

- Pasada la raíz: líquidos penetrantes.
- Soldadura acabada: partículas magnéticas en materiales magnéticos y líquidos penetrantes en materiales no magnéticos.
- Este examen será realizado después del tratamiento térmico posterior a la soldadura.

Los biseles de las chapas y la raíz, después del saneado, serán examinadas visualmente.

La raíz será examinada adicionalmente por partículas magnéticas o líquidos penetrantes, bien sea materiales magnéticos o no.

4.1 Pruebas

El deposito será probado hidráulicamente por el vendedor, después de su fabricación, a la presión de prueba especificada y de acuerdo con los requisitos del código, aplicando el mas exigente.

La prueba hidráulica consistirá en llenar el deposito con agua y aplicar la presión de prueba por un período, al menos, cuatro horas, inspeccionando visualmente las fugas y deformaciones.

El deposito descansará en sus propios apoyos y no será apuntalado o soportado de otra manera.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

Antes de la prueba hidráulica, todas las uniones soldadas han de estar suficientemente limpias para permitir una adecuada inspección.

No se utilizarán juntas ni tortillería definitivas para la prueba hidráulica del depósito: el vendedor suministrará juntas y tornillos satisfactorios para la prueba, a menos que se especifique lo contrario.

Después de la prueba hidráulica se reemplazarán los tornillos y las juntas de prueba por los tornillos y juntas definitivas,

Solo se utilizarán tornillos de prueba en las bridas de los cuellos y bocas de hombre; las juntas definitivas, suministradas por el constructor, se utilizarán para la prueba de las bridas del cuerpo, y éstas juntas no se desmontarán despose de que hayan completado las pruebas satisfactoriamente.

La prueba, en cualquier caso, será hecha con agua limpia, a una temperatura de 10°C (para evitar fractura por fragilidad) y una temperatura máxima de 40 °C.

4.2 Acabado y pintura

Una vez terminada la construcción, y realizadas todas las pruebas y ensayos, con los resultados satisfactoriamente, se limpiarán los equipos de modo que no aparezcan escorias, restos de electrodos ó sustancias extrañas en el momento de la entrega. Asimismo, se procederá al vaciado y secado de los equipos a los que se haya sometido a prueba hidráulica.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

4.3 Revisión de la documentación

El alcance del examen de la documentación debe incluir, aunque la lista no es exhaustiva, la comprobación de documentos (por ejemplo, certificados de pruebas de la aprobación de los procedimientos de soldeo, certificados de la homologación de soldadores, certificados de homologación del personal de ensayos no destructivos, informes de ensayos de producción, informes de ensayos no destructivos, registros de tratamientos térmicos después de la soldadura, registros de comprobaciones dimensionales, etc.).

Se debe incluir en el informe el alcance de la revisión y todas las desviaciones. Todas las acciones correctivas resultantes de esta inspección se deben ejecutar, se deben volver a someter a examen y deben recibir el visto bueno antes de la prueba de funcionamiento a plena carga.

4.4 Prueba de funcionamiento a plena carga

Todos los recipientes se deben someter a una prueba de funcionamiento a plena carga para demostrar la integridad del producto terminado.

La prueba de funcionamiento a plena carga es parte de la evaluación final. La prueba de presión hidrostática debe ser la prueba de funcionamiento a plena carga estándar. Si esto no resulta práctico, puede sustituirse por:

a) Prueba neumática. La prueba neumática es potencialmente una operación mucho más peligrosa que la prueba hidrostática. Por tanto, sólo se debe permitir realizarla con sujeción a las condiciones siguientes:

- Para recipientes cuyo diseño y construcción haga que no resulte viable llenarlos con líquido;
- Para recipientes que se vayan a utilizar en procesos en los que sean inadmisibles incluso pequeñas trazas de líquido;



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

- Después de una consulta temprana en la fase de diseño.
- b) Prueba combinada hidrostática/neumática. En algunos casos puede ser deseable probar un recipiente estando parcialmente lleno de líquido. Esto es tan peligroso como la prueba neumática.

4.5 TRANSPORTE

El fabricante del recipiente debe ser responsable de adoptar todas las medidas de protección necesarias contra daños o deterioro durante el transporte y/o almacenamiento, incluida la instalación de tapas ciegas, de recubrimientos protectores, soportes adecuados, purga de nitrógeno, etc.

4.6 GARANTÍA

El fabricante garantiza que el recipiente cumple las condiciones deseadas y que no existen defectos de diseño, de mano de obra o de material.

La garantía abarcará el periodo del primer año de funcionamiento. Caso de aparición de defectos en el periodo de garantía, el fabricante se compromete a realizar todas las modificaciones, reparaciones y reposiciones de piezas necesarias, sin cargo alguno.

4.6.1 Instrucciones de uso

- No aplicar más cargas externas al depósito, que las indicadas en este proyecto.
- Evitar en lo posible vibraciones innecesarias.
- Evitar en lo máximo posible las cargas de impacto.



Diseño de recipientes de sólidos según la normativa europea, mediante el código de diseño “AD-MERKBLATT”.

- Temperaturas tanto exteriores como interiores, podrían estar entre los $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y los $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- No manipular en ningún caso la válvula de seguridad.
- Contratación por parte del cliente, de un servicio de mantenimiento.
- El acceso al recipiente quedará exclusivamente autorizado al personal de mantenimiento contratado.

4.6.2 Motivos que invalidan la garantía

Quebrantamientos de cualquiera de las instrucciones de uso.

Rotura o manipulación de precintos.

La no realización del mantenimiento contratado, supondrá la inminente invalidación de la garantía con las consecuencias que ello conlleva.

Cualquier tipo de manipulación en cualquiera de los accesorios del recipiente, así como los trastornos provocados por uso inadecuado, quedan totalmente excluidos de la garantía.

Al finalizar el periodo de garantía, la empresa de mantenimiento e inspección contratada por el cliente, se hará cargo del depósito bajo su total responsabilidad, quedando el fabricante excluido de toda responsabilidad jurídico, penal y económica.