

PROYECTO FIN DE CARRERA

PARQUE DE ALMACENAMIENTO DE AMONIACO ANHIDRO

# MEMORIA DESCRIPTIVA

ALBERTO CERETO RAMÍREZ  
Junio de 2013

## ÍNDICE

1. OBJETO DEL PROYECTO.....	4
2. NORMATIVA.....	4
2.1 Normativa estatal.....	4
2.2 Normativa medioambiental.....	7
3. AMONIACO: DESCRIPCIÓN, PRODUCCIÓN Y TIPOS.....	10
4. DISTRIBUCIÓN DEL PARQUE DE ALMACENAMIENTO.....	11
4.1 Características generales.....	11
4.2 Distancias entre depósitos de almacenamiento.....	12
5. INSPECCIONES Y PRUEBAS.....	24
5.1 Inspecciones y pruebas iniciales.....	24
5.2 Inspecciones y pruebas de reparaciones o modificaciones.....	25
5.3 Inspecciones y pruebas teóricas.....	25
6. DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO.....	27
6.1 Características del almacenamiento.....	27
6.2 Características de la envolvente.....	27
7. AISLAMIENTO TÉRMICO.....	29
7.1 Criterios de selección.....	29
7.2 Características del corcho aglomerado.....	30
8. OBRA CIVIL.....	31
8.1 Cimentaciones.....	31
8.2 muro de contención.....	32
9. SISTEMA DE CARGA Y DESCARGA.....	33
9.1 cargaderos terrestres.....	33
9.2 operaciones de carga y descarga.....	33
10. SISTEMA DE RECOGIDA DE PLUVIALES.....	34
11. SISTEMAS DE TUBERÍAS.....	37
11.1 Sistema de tuberías.....	37
11.2 Diseño de tuberías.....	38

---

11.3	Válvulas.....	40
11.4	Uniones entre tuberías y válvulas.....	42
11.5	Uniones mediante bridas.....	43
11.6	Tipos de bridas.....	44
11.7	Tipos de juntas.....	44
12.	BOMBAS.....	45
12.1	tipos de bombas.....	46
12.2	NPSH requerido de las bombas.....	47
12.3	NPSH disponible.....	47
12.4	Cavitación.....	48
12.5	Rendimiento mecánico de las bombas.....	48
13.	RECUPERACIÓN DE AMONIACO.....	49
13.1	Descripción del equipo.....	49
13.2	Puesta en marcha y funcionamiento.....	51
14.	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS POR ESPUMA.....	51
15.	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS POR AGUA.....	53
15.1	descripción general.....	53
15.2	puesto control.....	57
15.3	lanzas pulverizadoras.....	58
15.4	duchas de seguridad y fuentes lavajos.....	61
16.	SISTEMA DE ABATIMIENTO (REFRIGERACIÓN).....	61
16.1	Características del refrigerante.....	61
16.2	Sistema de refrigeración.....	64
16.3	Materiales empleados en la refrigeración de equipos frigoríficos.....	65
16.4	Recipientes de refrigerante líquido.....	66
16.5	Tuberías y conexiones.....	66
16.6	Descarga de conductores de agua.....	67
16.7	Dispositivo de purga de aire y aceite.....	67
16.8	Aparatos indicadores de medida.....	68

16.9	Elementos de seguridad.....	69
16.10	Presión de tarado de las válvulas.....	71
16.11	Descarga de las válvulas.....	72
16.12	Instalación de válvulas de seguridad.....	72
16.13	Instalación de tapones fusibles.....	73
16.14	Limitadores de presión.....	73
16.15	Estanqueidad del equipo frigorífico.....	74
16.16	Detectores de fugas.....	76
17.	SISTEMA ELÉCTRICO.....	76
17.1	Sistema de iluminación.....	76
17.2	Sistema eléctrico.....	77
17.3	Puesta a tierra de los tanques.....	77

## **OBJETO DEL PROYECTO**

El objeto de este proyecto es el estudio, diseño y desarrollo de las instalaciones de un parque de almacenamiento de amoniaco en la localidad sevillana de Dos Hermanas. Se he elegido esta localidad porque el amoniaco puede ser transportado además de por camiones, por ferrocarril que resulta más barato, además de para abastecer de amoniaco a todas las industrial de la zona que lo precisen.

El mencionado parque albergara dos tanques esféricos de 1500 y 2500 toneladas métricas, debiendo cumplir el “Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos” además de la famosa ley GICA (“Ley de Gestión Integral de la Calidad Ambiental”).

El presente proyecto contempla el cálculo y descripción de las instalaciones para el correcto funcionamiento del parque así como dimensionamiento de los depósitos en cuanto a espesores de chapa y aislamiento adoptados. Además también contiene los planos necesarios para la fabricación del parque, presupuesto y un estudio sobre el cumplimiento de la ley anteriormente expuesta, la ley GICA.

## **NORMATIVA**

### **1. NORMATIVA ESTATAL**

La legislación estatal en de carácter en general en materia de Almacenamiento de Productos Químicos está contenida en el R.D. 379/2001 publicada en el BOE (5/2011), donde se aprueba el “Reglamento sobre Almacenamiento de Productos Químicos” y las itc’s correspondientes, que constituye el anterior R.D. (668/1980) de 8 de febrero (Industria y Energía) sobre almacenamiento de productos

químicos (BOE 14/4/1980).

La estructura normativa prevista comprende un reglamento que contiene las normas de carácter general, y unas Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC's), que establecen las exigencias específicas que se consideren precisas, de acuerdo con el estado de la técnica actual para la seguridad de las personas y de los bienes.

Las principales modificaciones en las Instrucciones Técnicas Complementarias se concretan en la introducción de normas para la prevención de fugas o vertidos incontrolados que pueden dañar el medio ambiente, exigiéndose dispositivos antirrebose, recogido de derrames y la instalación de sistemas de contención.

El reglamento está constituido por 10 artículos:

#### **Artículo 1. Objeto.**

Establece las condiciones de seguridad de las instalaciones de almacenamiento, carga y descarga de productos químicos peligrosos.

#### **Artículo 2. Ámbito de aplicación.**

Se aplicaran, como es nuestro caso, a instalaciones de nueva construcción, así como a las ampliaciones o modificaciones de los existentes.

#### **Artículo 3. Inscripción de las instalaciones.**

El titular deberá inscribirlas en el órgano competente de la comunidad autónoma. Proyecto.

#### **Artículo 4. Control de las instalaciones.**

Cada 5 años de la puesta en servicio de las instalaciones, se deberá presentar en el organismo competente de la comunidad autónoma un certificado emitido por el organismo de control autorizado (OCA)

donde se acredita de la conformidad de las instalaciones.

**Artículo 5. Control administrativo.**

**Artículo 6. Obligaciones y control de los titulares.**

El titular es responsable de cumplir las normas, así como cubrir con el seguro y la responsabilidad civil.

**Artículo 7. Accidentes.**

**Artículo 8. Infracciones y sanciones.**

La comprobación del incumplimiento de las obligaciones en este reglamento, con independencia de las sanciones, puede llegar a las suspensiones del funcionamiento de las instalaciones.

**Artículo 9. Almacenamiento conjunto.**

Se exigirá la ITC de las prescripciones técnicas más severas.

**Artículo 10. Normas.**

Están aceptadas las normas por los estados de la Unión Europea (UE) o por los países miembros de la AECL (Asociación de estado del libre comercio).

A continuación se detallan las ITC's aprobadas y revisadas:

- MIE-APQ-01. Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles.
- MIE-APQ-02. Almacenamiento de óxido de etileno.
- MIE-APQ-03. Almacenamiento de cloro.
- MIE-APQ-04. Almacenamiento de amoniaco anhidro.

- MIE-APQ-05. Almacenamiento de botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos.
- MIE-APQ-06. Almacenamiento de líquidos corrosivos.
- MIE-APQ-07. Almacenamiento de líquidos tóxicos.

## **2. NORMATIVA MEDIOAMBIENTAL**

En cuanto a normativa ambiental, el 9 de julio de 2007, la Junta de Andalucía aprueba la Ley 7/2007, o, como se ha llamado anteriormente la Ley Gica "Gestión Integral de la Calidad Ambiental". Al aprobar esta Ley queda derogada la Ley 7/94 de "Protección Ambiental". La Ley Gica podemos decir que, además de la anteriormente nombrada y derogada, también contempla las siguientes leyes:

- Ley 16/2002, 10 julio de "Prevención y Control Integrado de la Contaminación" (IPPC).
- Ley 27/2006, 18 julio de Regulación del derecho de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente.

La legislación actual intenta dar respuesta a las tres dimensiones del concepto de desarrollo sostenible (ambiental, social y económico), siendo la prevención el mecanismo más adecuado de actuación.

La ley 7/2007 tiene por objeto establecer un marco adecuado para el desarrollo de la política ambiental, a través de los instrumentos que garanticen la incorporación de criterios de sostenibilidad.

El objeto de la presente ley así como sus fines, principios y secreto industrial quedan recogidos en el Título I, disposiciones generales, de



la Ley.

En el Título II, denominado “Información, Participación Pública, Investigación, Desarrollo, Innovación y Educación en Materia de Medio Ambiente” se puede encontrar todo lo relacionado con la información Ambiental.

Y, el Título III llamado “Instrumentos de Prevención y Control Ambiental”, el más importante de todos, tiene por finalidad prevenir o corregir los efectos negativos sobre el medio ambiente de determinadas actuaciones usando unos instrumentos de prevención y control ambiental.

Estos instrumentos de los que se han hablado son:

- Autorización Ambiental Integrada (AAI).
- Autorización Ambiental Unificada (AAU).
- Evaluación Ambiental de planes y programas (EA).
- Calificación Ambiental (CA).
- Autorizaciones de Control de la Contaminación Ambiental

El presente proyecto requiere un instrumento de prevención y control ambiental regulados por la presente Ley, teniendo como finalidad prevenir o recoger los efectos negativos sobre el medio ambiente de determinadas actuaciones.

Según el Anexo I de la citada Ley, el proyecto de “Almacenamiento de Amoniaco” queda recogido en la actuación 5.13, entendida como instalación industrial de almacenamiento de productos petroquímicos y químicos. Dicha actuación requiere una Autorización Ambiental Unificada (AAU) como instrumento de prevención y control ambiental, pudiendo resolver la administración durante 6 meses.

La finalidad de esta autorización es reducir en origen las emisiones a la

atmosfera, al agua y al suelo, además de otras incidencias ambientales de determinadas actuaciones, así como recoger en una única resolución las autorizaciones ambientales que correspondan a la Consejería competente y entidades de derecho público dependientes de la misma, y que resulten necesarios con carácter previo para la implantación y puesta en marcha de estas actuaciones.

La solicitud de esta autorización debe ir acompañada de la siguiente documentación:

- Proyecto técnico.
- Informe de compatibilidad con el complejo urbanístico emitido por la Administración competente.
- Estudio de impacto ambiental que contendrá al menos, en función del tipo de actuación, la información recogida en el Anexo II de la Ley.

Documentación exigida por la normativa aplicable para aquellas autorizaciones y pronunciamientos que en cada caso se integren en la AAU, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 28.

Para la solicitud de la AAU es necesario aportar la siguiente documentación para el estudio de impacto ambiental:

- Identificación de la actuación.
- Descripción de las características básicas de la actuación y su previsible incidencia ambiental, aportando datos relativos a:
  - Localización.
  - Afecciones derivadas de la actuación.
  - Análisis de los residuos, vertidos, emisiones o cualquier otro elemento derivado de la actuación tanto en fase de ejecución como en la de operación.
- Identificación y evaluación de la incidencia ambiental de la

actuación, con descripción de las medidas correctoras adecuadas para minimizar o suprimir dicha incidencia.

- Cumplimiento de la normativa vigente relativa a medio ambiente y aspectos ambientales contemplados en otras normativas sectoriales y de planeamiento territorial y urbanístico.
- Programa de seguimiento y control.
- Otros requisitos:
  - Resumen no técnico de la información aportada.
  - Identificación y titulación de los responsables de elaboración del proyecto.

## **AMONIACO: DESCRIPCIÓN, PRODUCCIÓN Y USOS.**

El amoniaco en condiciones de presión y temperatura ambiente es un gas incoloro, sofocante, de olor irritante y altamente irritante; su olor es familiar al público debido a que se emplea en productos de limpieza en forma de soluciones acuosas. Es más liviano que el aire y posee características de inflamabilidad. Puede ser fácilmente comprimido hasta condensar como liquido transparente.

El método principal de producción de amoniaco es el proceso (ciclo) de Haber-Bosh modificado, que constituye la forma de producción del 90% del amoniaco mundial. En este proceso el nitrógeno, obtenido de la atmosfera, y el hidrogeno, obtenido del gas natural, se mezclan en una proporción de 1:3 y pasan sobre un catalizador a alta presión. El amoniaco así producido se colectan por diferentes métodos y los reactivos que no reaccionaron se recirculan al reactor. Pequeñas cantidades de amoniaco se producen industrialmente como subproducto de la coquización del carbón. La mayor producción industrial de amoniaco ocurre donde el gas natural es barato y

abundante.

La mayoría del amoniaco producido se usa con fines agrícolas, ya sea por aplicación directa o como intermediario en la producción de fertilizantes. El amoniaco y los compuestos de amonio usados en fertilizantes representan cerca del 89% del amoniaco producido comercialmente. El uso del amoniaco puede caer en las siguientes categorías: amoniaco anhidro (30%), soluciones de urea/nitrato de amonio (24%), urea (17,5%), nitrato de amonio (5%), sulfato de amonio (2%) y otras formas (21,5%). Muchos compuestos de amonio y ácido nítrico se usan directamente en la producción de fertilizantes. Las proporciones pequeñas de amoniaco no incorporado en fertilizantes se usan como inhibidor de la corrosión, en la purificación de fuentes de agua, como componente de limpiadores domésticos y en la industria de refrigerantes. Se usa en las industrias de pulpa de papel, de la metalurgia, del caucho, de comidas y bebidas, de los textiles, de productos farmacéuticos y en la industria del cuero.

Las empresas de explosivos es también uno de los grandes consumidores de amoniaco y también las empresas petrolíferas, donde se emplea como neutralizante para evitar la corrosión de condensadores en la refinación de algunos aceites. En el sector ambiental se usa para eliminar el dióxido de azufre de los gases que son expulsados a la atmosfera.

## **DISTRIBUCIÓN DEL PARQUE DE ALMACENAMIENTO**

### **1. CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Para definir la distribución del parque de almacenamiento, se tendrá en cuenta las condiciones de seguridad señaladas en la ITC-MIE-APQ

004, y en su defecto en la ITC-MIE-APQ 001, y los planes de urbanización e industrialización para un futuro desarrollo de la zona.

No va a existir en la zona circundante al parque riesgos de inundaciones o derrames de agua por las características geológicas y geográficas, por lo que no se van a adoptar medidas de protección previstas para tales casos.

Se tendrán en cuenta las vías de comunicación, construyéndose zanjas como barreras de protección adecuadas para cada salida de vehículos de la calzada o la vía.

El almacenamiento se llevara a cabo en la intemperie, en depósitos esféricos. Los servicios móviles de seguridad podrán tener acceso al recinto de almacenamiento desde varios puntos opuestos. Habrá accesos y espacio suficiente para circulación y maniobra de la maquinaria de mantenimiento.

El área de almacenamiento, así como sus alrededores va a estar libre de materiales fácilmente inflamables, tales como residuos, grasas o maleza.

## **2. DISTANCIAS ENTRE DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO E INSTALACIONES EN GENERAL.**

En el cuadro II-1 de la ITC MIE AQP 004 se señalan las distancias mínimas exigidas entre los depósitos de almacenamiento de amoniaco y las diversas instalaciones que componen el parque de almacenamiento. Las distancias se medirán, en línea recta, entre los puntos más próximos del lugar o instalación considerada, y la

proyección vertical sobre el terreno del depósito más cercano. Se tienen los siguientes datos:

- Vía de comunicación pública de circulación rápida: 20m
- Vía de comunicación pública de tráfico denso y con posibilidades de retenciones: 75m
- Lugar de concentración de personal de la propia factoría: 50m
- Lugar de concentración del personal de establecimiento industrial ajeno a la propia factoría: 100m
- Agrupamiento de viviendas: 200m
- Local de pública concurrencia: 500m
- Para el resto de distancias se aplicara la ITC MIE APQ 001, considerando como producto de clase D. dichas distancias mínimas no podrán ser inferiores a los valores obtenidos por la aplicación del siguiente procedimiento:

1	(1)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
---	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- (1) No es objeto de este reglamento.
- (2) Sin requerimiento especial de distancias.
- (3) Pertenecientes al parque de almacenamiento.
- (4) Salvo las bombas para transferencia de productos susceptibles de ser almacenados por el mismo cubeto, en cuyo caso es suficiente que estén situados fuera del cubeto. (En casos especiales, por ejemplo, por reducción del riesgo, y para

- la clase D, las bombas podrían situarse dentro del cubeto.)
- (5) Salvo las bombas de transferencia propias de la instalación.
  - (6) Aplicar el artículo 8.
  - (7) Salvo los recipientes auxiliares de alimentación o recepción directa del cargadero con capacidad inferior a  $25 \text{ m}^3$  que pueden estar a distancias no inferiores a: Clase A: 15 m, clase B: 10 m y clases C y D: 2m.
  - (8) Ver Reglamento de Aparatos a Presión.
  - (9) Si el vallado es de obra u hormigón y de altura no inferior a 1,5 m esta distancia no necesita ser superior a 10 m.
  - (10) Respecto a la vía del ferrocarril de la que se derive un apartadero para carga o descarga de vagones cisterna, esta distancia puede reducirse a 15 m con un vallado de muro macizo situado a 12 m del cargadero y altura tal que proteja la instalación.
  - (11) Las distancias entre tanques de almacenamiento y otras instalaciones se consideraran individualmente en función de la clase del producto almacenado en cada tanque y no de la clasificación global del cubeto.
  - (12) Solamente se requerirá esta distancia cuando se opere simultáneamente en ambos cargaderos con emisión de vapores en alguno de ellos.

1. Unidades de proceso.

2. Estaciones de bombeo y compresores.

3.1 recipientes de almacenamiento. Clase A

3.2 recipientes de almacenamiento. Clase B



- 3.3 recipientes de almacenamiento. Clase C
- 3.4 recipientes de almacenamiento. Clase D
- 4.1 cargaderos. Clase A
- 4.2 cargaderos. Clase B
- 4.3 cargaderos. Clase C y D
- 5. bolsas separadoras
- 6. zonas de fuego abierto
- 7. edificios administrativos y sociales, laboratorios, talleres, almacenes y otros edificios independientes.
- 8. estaciones de bombeo de agua contra incendios.
- 9. vallado de la planta.
- 10. límites de propiedades exteriores en la que pueda edificarse y vías de comunicación públicas.
- 11. locales y establecimientos de pública concurrencia.

*Coefficientes de reducción por capacidad*

Capacidad global de almacenamiento de la instalación — m <sup>3</sup>	Coefficiente para reducción de distancias del cuadro II-1
$Q \geq 50.000$	1
$50.000 > Q \geq 20.000$	0,95
$20.000 > Q \geq 10.000$	0,90
$10.000 > Q \geq 7.500$	0,85
$7.500 > Q \geq 5.000$	0,80
$5.000 > Q \geq 2.500$	0,75
$2.500 > Q \geq 1.000$	0,70
$1.000 > Q \geq 500$	0,65
$500 > Q \geq 250$	0,60
$250 > Q \geq 100$	0,50
$100 > Q \geq 50$	0,40
$50 > Q \geq 5$	0,30
$5 > Q$	0,20

Nota 1: No se computará a efectos de capacidad global de la instalación la que pueda existir en recipientes móviles ni en recipientes enterrados.

Nota 2: La capacidad computable es la máxima real y no la geométrica.

Cuadro 2. Posibles coeficientes de reducción en base a la capacidad total

En nuestro caso, para una capacidad total de 7000 m<sup>3</sup>, se tiene un coeficiente de reducción de 0,80.

*Coefficientes multiplicadores*

Características de los productos y/o de los almacenamientos	Coefficiente	Clases de líquidos a los que es aplicable
Líquidos inestables .....	2,0	A, B, C y D
Almacenamiento con venteos de emergencia que permitan el desarrollo de presiones superiores a 0,15 bar .....	1,5	B, C y D

Nota 1: Después de la aplicación de estos coeficientes de aplicación simultánea cuando proceda, las distancias obtenidas no necesitan ser superiores a 150 metros para líquidos de la clase A, 100 m para líquidos de la clase B y 75 metros para los de las clases C y D.

Nota 2: Para líquidos inestables de clases A, B y C, la distancia desde tanques o estaciones de carga/descarga a los conceptos 6, 7, 8, 10 y 11 del cuadro II-1 no será inferior a 45 metros, después de la aplicación de los coeficientes de este cuadro II-3.

Cuadro 3. Posible coeficiente multiplicador si procede.

El almacenamiento con lleva venteos de emergencia de manera que se aplicara un coeficiente multiplicador de 1,5.

*Reducciones de las distancias entre instalaciones fijas de superficie por protecciones adicionales a las obligatorias señaladas en el capítulo IV*

Medidas o sistemas de protección adoptados		Coeficiente de reducción
Nivel	Cantidad	
0	—	No hay reducción.
1	Una.	0,75
1	Dos o más.	0,50
2	Una.	0,50
2	Dos o más.	0,40

Nota: Solamente se puede aplicar una (y por una sola vez) de entre las reducciones que figuran en el cuadro II-4.

Cuadro 4. Posibles coeficientes de reducción en base a la adopción de medidas y sistemas de protección contra incendios.

A efectos de reducciones de definen los siguientes niveles de protección:

- Nivel 0: protecciones obligatorias según el capítulo IV de la ITC MIE APQ 001.
- Nivel 1: pueden ser:
  - Muros RF-120 situados entre las instalaciones o revestimientos ignifugo de los recipientes RF-90.
  - Sistemas fijos de agua pulverizada, aplicada mediante boquillas conectadas permanentemente a la red de incendios, con accionamiento situado en lugar protegido y accesible durante el incendio.
  - Sistemas fijos de espuma para la inundación o cubrición del elemento de instalación considerado, con accionamiento situado en lugar protegido y accesible durante el incendio.
  - Otros sistemas de incendio de accionamiento manual (por ejemplo: polvo seco, dióxido de carbono) especialmente

adecuados al riesgo protegido.

- Brigada de lucha contra incendios propia (formada por personal especialmente adiestrado en la protección contra incendios mediante formación adecuada, periódica y plan de autoprotección, así como una coordinación adecuada con servicios de bomberos.

Es equivalente a lo anterior la localización de la planta en una zona dedicada específicamente a este tipo de instalaciones (tales como áreas inflamables y similares) y con una distancia mínima a zonas habitadas urbanas de un kilómetro. Dicha zona deberá contar con buenos accesos por carretera, con un servicio de bomberos a menos de 10 kilómetros y con un sistema de aviso adecuado.

- Sistemas de agua de DCI (red, reserva y medios de bombeo) con capacidad de reserva y caudales 1,5 veces los de diseño obligado.
- Tener red de DCI conforme al apartado 2 del artículo 25 de esta ITC las instalaciones que no estén obligadas. Dicha red deberá ser capaz de soportar un caudal de como mínimo 24 m<sup>3</sup>/h de agua.
- Tener medios para verter, de forma rápida y eficaz, espuma en el área de almacenamiento considerado, las instalaciones que no están obligadas a ello. Se dispondrá de una capacidad de aplicación mínima de 11,4 m<sup>3</sup>/h durante, al menos, 30 minutos.
- Disponer de hidrantes en número suficiente para que cada punto de la zona de riesgo este cubierto por dos hidrantes, que además estén ubicados convenientemente para actuar de forma alternativa en caso de siniestro que pueda afectar a uno de ellos.

- Detectores automáticos fijos, con alarma, de mezclas explosivas (de forma directa o mediante la concentración) en la zona circundante a la instalación.
  - Otras de eficacia equivalente que puedan proponerse, de forma razonable y justificada, en los proyectos.
- Nivel 2: pueden ser:
- Sistemas fijos de inertización permanente mediante atmósfera de gas inerte en el interior de los recipientes de almacenamiento.
  - Las instalaciones que no están obligadas, tener red DCI con bomba de presurización automática, abastecimiento exclusivo para este fin y para un mínimo de 2 horas y media con caudal mínimo de  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  y presiones mínimas indicadas en el artículo 25.
  - Doble reserva y doble capacidad de aplicación de espuma del que resulte por cálculo en la ITC.
  - Para productos de la subclase B1, techo flotante en el tanque de almacenamiento y sistema fijo de espuma, de accionamiento manual.
  - Monitores fijos con garantía de operación durante el incendio que protejan las áreas circundantes a la instalación considerada, supuesto que se disponga del caudal de agua requerida para la alimentación de los mismos.

Según el reglamento de nuestra instalación se dispondrá de un coeficiente de reducción de 0,5.

### 3. DISTANCIAS ENTRE DEPOSITOS DE ALMACENAMIENTO.

Clase de producto	Tipos de recipiente sobre los que se aplica la distancia	Distancia mínima (D = Dimensión según notas 1 y 6)	Observaciones
A/A1	Entre recipientes de subclase A1. A recipientes para productos de las clases A2, B, C ó D.	1/2 de la suma de los diámetros de los recipientes. D (mínimo: 15 metros).	Nota 2. Nota 2.

Clase de producto	Tipos de recipiente sobre los que se aplica la distancia	Distancia mínima (D = Dimensión según notas 1 y 6)	Observaciones
A/A2	Entre recipientes a presión para productos de la subclase A2. A recipientes para productos de las clases B, C ó D.	1/4 de la suma de los diámetros de los recipientes con un mínimo de 2 metros. D (mínimo: 15 metros).	Nota 2. Nota 2.
B	A recipientes para productos de las clases B, C ó D.	0,5 D (mínimo: 1,5 metros). El valor puede reducirse a 25 metros si es superior.	Nota 5.
C	A recipientes para productos de las clases C ó D.	0,3 D (mínimo: 1,5 metros). El valor puede reducirse a 17 metros si es superior.	Nota 5.
D	A recipientes para productos de clase D.	0,25 D (mínimo: 1,5 metros).	Notas 3, 4 y 5.
Líquidos inestables	A recipientes para productos de cualquier clase.	D (mínimos: Los indicados arriba según su clasificación A1, A2, B, C ó D).	—

Nota 1. D será igual al diámetro del recipiente, salvo que su generatriz sea superior a 1,75 veces el diámetro, en cuyo caso se tomará como D la semisuma de generatriz y diámetro.

El valor de D a considerar será el que, una vez aplicadas las distancias del cuadro II-5, de lugar a la distancia mayor.

Nota 2. Cuando la capacidad total de almacenamiento sea inferior a 100 m<sup>3</sup> se considerarán las distancias fijadas en el Capítulo VIII «Características específicas para almacenamiento de productos de la clase A», en los demás casos se aplicará el presente cuadro.

Nota 3. Si el almacenamiento de estos productos se efectúa a temperaturas superiores a su punto de inflamación, las distancias entre los recipientes se mantendrán de acuerdo con lo preceptuado para los productos de la clase B.

Nota 4. Si el almacenamiento de estos productos coexiste con el de las clases B ó C, dentro de un mismo cubeto, la distancia mínima será de 0,3 D (mínimo: 1,5 metros).

Nota 5. El límite de distancia mínima podrá reducirse a un metro para productos de las clases B, C o D, cuando la capacidad de los tanques sea inferior a 50 m<sup>3</sup>.

Nota 6. Si los recipientes son cilíndricos horizontales y dispuestos paralelamente (batería) la distancia mínima de separación entre las generatrices de los mismos se basará en el diámetro exclusivamente.

En caso de disposición en línea se considerará la nota 1 para aplicar la tabla.

Cuadro 5. Distancias entre equipos de almacenamiento

Considerando el amoniaco anhidro como un producto de la clase D, la distancia a adoptar entre las paredes de los depósitos será de 0,25\*D,

siendo 1,5 m como mínimo.

Las distancias entre recipientes para productos de la clase D se pueden reducir de igual manera que las del apartado anterior, mediante la adopción de medidas y sistemas adicionales de protección contra incendios.

La adopción de más de una medida o sistema de nivel 1, de distinta índole, equivale a la adopción de una medida o sistema de nivel 2.

Solamente se puede aplicar una, y por una sola vez, de entre las reducciones del siguiente cuadro:

Medidas o sistemas de protección adoptados		Coeficiente de reducción
Nivel	Cantidad	
0	—	No hay reducción
1	Una	0,90
1	Dos o más	0,80
2	Una	0,80
2	Dos	0,70
2	Más de dos	0,65

Nota: Solamente se puede aplicar una, y por una sola vez, de entre las reducciones que figuran en el cuadro II-6.

Cuadro 6: reducciones de las distancias entre recipientes por protecciones adicionales a las obligatorias en el capítulo IV.

Según los sistemas de protección que se han utilizado, el coeficiente reductor va a ser de 0,7.

La distancia mínima final a considerar entre las paredes de los depósitos de almacenamiento será  $0,70 \cdot 0,25 \cdot D$ , siendo 1,5 como



mínimo.

## **INSPECCIONES Y PRUEBAS**

### **1. INSPECCIONES Y PRUEBAS INICIALES**

Los depósitos a presión se someterán, durante su construcción y previamente a su puesta en servicio, a las siguientes inspecciones y pruebas iniciales para las comprobaciones de las características y valores requeridos en sus respectivos códigos de diseño y construcción.

Análisis químico, carga de rotura, límite elástico, alargamiento porcentual, plegado control dimensional y ultrasónico del material de los componentes de los depósitos a presión en contacto con amoniaco anhídrido y de los demás componentes de los depósitos a presión en contacto con amoniaco anhídrido y de los demás componentes directamente a ellos, como conexiones, refuerzos, soportes o arranques de patas de apoyo. Además, se debe realizar una micrografía de tamaño de grano y un ensayo de resiliencia de los mismos componentes. Las chapas se inspeccionan con ultrasonidos en cuadrículas de 200mm.

Análisis químico y características mecánicas del material de aportación para soldaduras.

Inspección por partículas magnéticas, líquidos penetrantes y radiografiados de soldaduras de acuerdo con los requisitos y el alcance que especifique el código de diseño.

Prueba neumática de refuerzo de conexiones.

Prueba con caja de vacío de las soldaduras del fondo y con caja de vacío o con aceite penetrante de las soldaduras entre fondo y pared.

Prueba hidráulica de presión.

Tarado, en las válvulas de seguridad y, en su caso, en las de vacío.

Igualmente se comprobara documentalmente que los procedimientos de soldadura están homologados y que los soldadores sean cualificados para dichos procedimientos, según UNE-EN 287 (partes 1 y 2) y UNE-EN 288 (partes de 1 a 4), o según otra norma de reconocida solvencia.

Los depósitos a presión contruidos en el emplazamiento requerirán certificado del constructor, en el que hará que cumple la reglamentación en vigor, el código y normas utilizados en la construcción, pruebas a que han sido sometidos resultados de las mismas, incluyendo una copia del acta correspondiente a la prueba hidráulica.

## **2. INSPECCIONES Y PRUEBA DE REPARACIONES O MODIFICACIONES**

Para realizar cualquier reparación o modificación de depósitos a presión que afecte a los componentes en contacto con amoniaco anhídrido será necesario:

Cumplir con los requerimientos e inspecciones exigidos por el código de diseño y construcción para la reparación o modificación de que se trate.

Efectuar en el tanque o recipiente a presión reparado o modificado una prueba de valor y condiciones iguales a las de la prueba inicial,

aplicables al caso.

### 3. INSPECCIONES Y PRUEBAS PERIÓDICAS

Las inspecciones y pruebas periódicas a las que deberán someterse los tanques y recipientes a presión son las siguientes:

Inspección exterior: consiste en la inspección visual al estado de las superficies exteriores, aislamiento, pintura, conexiones, tornillería, tomas de tierra, escaleras, soportes, columnas, anclajes, cimentaciones y, en general, de todos los elementos que se puedan revisar sin necesidad de poner fuera de servicio el tanque o recipiente a presión.

Inspección interior: tiene por objeto la situación del depósito a presión, en cuando a corrosión, agrietamientos y estado de las soldaduras. Consistiría, como mínimo, en la medición de espesores de paredes, fondos y techos; inspección visual de las superficies internas y detección de grietas mediante partículas magnéticas húmedas en las soldaduras de todas las conexiones y en el 50% de los cruces de soldadura de paredes y fondos. La inspección se realizara en una longitud mínima de 200 mm de cada soldadura concurrente y comprenderá la propia soldadura y una superficie de 50 mm de ancho a cada lado de la misma. La presencia de grietas implicara extender la inspección a toda la longitud de la soldadura defectuosa.

Prueba: será de valor y condiciones iguales a las de la prueba inicial.

Las inspecciones y pruebas citadas anteriormente se efectuaran, a partir de la fecha de puesta en servicio, con la periodicidad siguiente:

- Inspección exterior: cada cinco años como máximo.
- Inspección interior: cada diez años, como máximo. Además, los depósitos a presión, excepcionalmente, a los cinco años de la citada fecha de puesta en servicio, se someterán a inspección

interior.

Prueba: cada diez años como máximo.

Se mantendrá un registro de todas las inspecciones realizadas.

## **DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO**

### **1. CARACTERÍSTICAS DEL ALMACENAMIENTO.**

El tipo de almacenamiento de los depósitos es semirrefrigerado. Las condiciones del almacenamiento son las siguientes:

- Temperatura almacenamiento:  $-5^{\circ}\text{C}$
- Presión de servicio:  $3,8 \text{ kg/cm}^2$  (5% superior que la presión de saturación del amoniaco a  $-5^{\circ}\text{C}$ ).

Los depósitos se encuentran al 95% de su capacidad por motivos de seguridad, dejando una parte de volumen para la fase vapor en equilibrio con la fase líquida. De no ser así la dilatación del líquido producida por cualquier fallo o retardo en el sistema de refrigeración, crearía presiones elevadas, dañando el material peligrosamente.

No existe el depósito contacto alguno con el exterior ya que el volumen de pérdidas por evaporación sería considerable.

### **2. CARACTERÍSTICAS DE LA ENVOLVENTE**

Se adopta la forma esférica para los depósitos ya que se la que más resistencia ofrece a las tensiones originadas por la presión interna y es adecuada para almacenar grandes cantidades de amoniaco.

Con el fin de evitar utilizar materiales con características mecánicas de resistencia elevada y baja ductilidad, que origina un elevado límite elástico en relación con la tensión de rotura, se emplean los límites pertenecientes al código de diseño A.D. Merkblatt W12.

Los cuerpos de las esferas están conformados por chapa de acero A-283 grado C, que según las normas A.S.T.M. (American Society for Testing and Material), aunque posee otras denominaciones como ASTM A-284(C), ASTM a-515(60), UNS K02401. Este acero es de uso general para aplicaciones estructurales que soporten una resistencia media de 60 psi. Las características de este acero son las siguientes:

▪ **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:**

- % en Carbono (C) máx. : 0,24-0,29
- % en Silicio (Si) máx. : 0,15-0,30
- % en Manganeso (Mn) máx. : 0,9
- % en Azufre (S) máx. : 0,04
- % en Fósforo (P) máx. : 0,035

▪ **CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS:**

- Resistencia a la tracción (kg/mm<sup>2</sup>): 3800-4800
- Limite elástico (kg/mm<sup>2</sup>): 2090
- Coeficiente de Poisson: 0,3
- Coeficiente de dilatación térmica (m/m°C): 448
- Calor específico (J/kg°C): 25
- Alargamiento a la rotura: 22% o 25% (1)
- Densidad (kg/m<sup>3</sup>): 7861
- Punto de fusión (°C): 1510

Las chapas se colocaran de manera que las esferas queden divididas en distintos niveles diferenciados. Como se puede ver en la figura, se dispondrán de dos casquetes, una superior y otro inferior; también se tendrán dos envolventes, la inferior y superior y, por último se puede observar la envolvente ecuatorial.

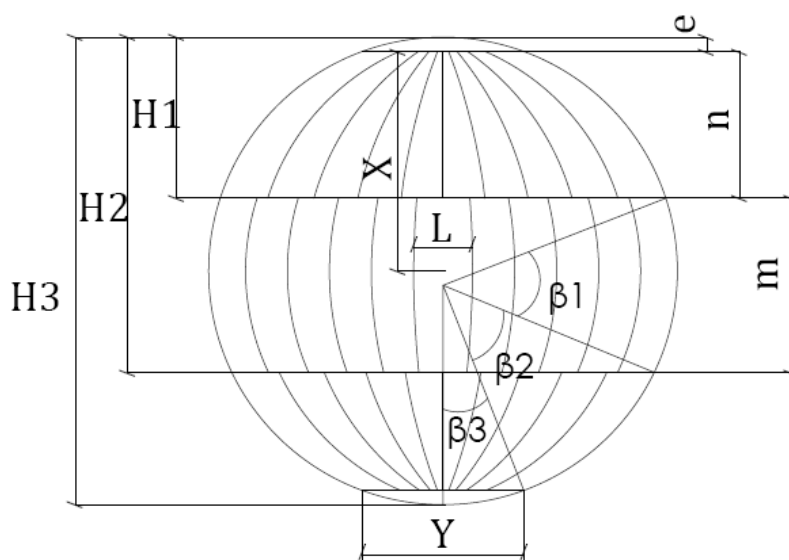


Figura 1. Dimensiones de la esfera

## AISLAMIENTO TÉRMICO

### 1. CRITERIOS DE SELECCIÓN

La propiedad más importante que se debe considerar a la hora de elegir el material aislante de los depósitos de almacenamiento es la conductividad térmica (que debe ser inferior a  $0,175 \text{ w/m}^\circ\text{C}$ , aunque también hay que considerar otros factores:

- Precio en relación con el servicio que presta.
- Flexibilidad o rigidez según la estructura portante, para

conseguir no sobrecargar las estructuras.

- Ausencia de propiedades corrosivas para los materiales con los que el aislante está en contacto.
- Estabilidad física y química: ausencia de dilatación excesiva al calor, resistencia a diversos agentes de destrucción: humedad u oxidación.
- Buena resistencia mecánica.
- Incombustibilidad o por lo menos ausencia de inflamabilidad.

En la siguiente grafica se muestran los intervalos de conductividades térmicas de los principales aislantes para bajas temperaturas. El valor inferior es para bajas temperaturas y el superior para temperaturas en el límite superior de uso permisible.

Se ha tenido en cuenta el poliuretano y el poliestireno en general pierden entre el 20% y el 50% de su calidad durante el primer año de uso. Otros materiales experimentan incrementos de su conductividad térmica efectiva a consecuencia de la absorción de humedad.

En nuestro caso, el aislamiento térmico elegido es el corcho aglomerado.

## **2. CARACTERÍSTICAS DEL CORCHO AGLOMERADO**

El corcho aglomerado está formado por la yuxtaposición de minúsculas de minúsculas células de aire, que ocupan del 90% al 95% del volumen aparente. Esta contextura asegura a la vez una flexibilidad notable, un coeficiente de rozamiento alto y un coeficiente de conductividad térmica muy pequeño. Además, aprovecha el lecho de que el aire es un excelente aislante. El aire encerrado en los poros va a quedar con muy poca movilidad.

Es químicamente inerte y tiene un grado de impermeabilidad relativamente alto a la penetración de aire y agua. Puede aguantar una compresión fuerte verticalmente sin que se expanda horizontal ni lateralmente. En uno de los materiales solidos más ligeros.

Está impregnado con una sustancia grasa que le da su carácter de impermeabilidad al aire y al agua.

El resumen de sus propiedades mecánicas y física es el siguiente:

- Conductividad térmica ( $w/m^{\circ}C$ ): 0,040
- Absorción de agua por volumen:  $<0,3\%$
- Expansión y contracción lineales:  $<0,3\%$
- Densidad( $kg/m^3$ ): 110
- Densidad especifica: 0,20
- Comportamiento al fuego: difícilmente combustible

## **OBRA CIVIL**

### **1. CIMENTACIONES**

Las cimentaciones se diseñaran según la normativa vigente relativa a las condiciones de diseño y ejecución de obras metálicas y de hormigón. Se usará la instrucción EH-82 para proyecto y ejecución del hormigón en masa o armado del ministerio de Obras Públicas y Urbanismo para calcular la cimentación.

Según este estudio geotécnico, la cimentación se va a realizar sobre un



terreno compacto que trabaja a 3 kg/cm<sup>2</sup>.

Para que la cimentación sea válida el peso unitario que soporte el terreno tendrá que ser menor que la carga máxima admisible del mismo. Esta carga vendrá determinada por la siguiente expresión:

$$Q = 3 \frac{kg}{cm^2} \cdot A$$

Donde:

- A= superficie cimentada total.

Para calcular el peso del conjunto se necesita conocer el volumen de hormigón empleado y el peso que va a soportar. En nuestro caso la resistencia característica del hormigón es de 200 kg/cm<sup>2</sup>.

Según la ITC-APQ-004, para los recipientes a presión esféricos se podrán cimentar sobre anillos rígidos o zapatas aisladas rigidizadas entre sí. En este caso, los asentamientos diferenciales serán uniformes en el perímetro, tolerándose una variación de carga en la patas de apoyo si lo permiten las condiciones de diseño.

La nivelación de los depósitos esféricos se realizara con la máxima precisión para que el ecuador quede horizontal y se logre un reparto uniforme de las cargas en las patas de apoyo.

## 2. MURO DE CONTENCIÓN

El muro de contención es un elemento fundamental en la instalación. Ante una fuga producida por el mal funcionamiento del sistema de trasiego o por rotura del depósito, el muro retiene amoniaco vertido, a la vez que realiza su drenaje.

El muro responde al tipo “muro ménsula” formado por puntera y talón, resultado de ser la opción más económica del problema de contención.

El amoniaco derramado ejerce un empuje que es contrarrestado por el peso de las tierras que descansan sobre el talón, y en menor medida con el propio peso del muro.

El peso de las tierras que descansan sobre el muro va a funcionar como momento estabilizador del vuelco, y el rozamiento de la base de la zapata con el terreno lo hará como momento estabilizador al deslizamiento.

El muro actuará como ménsula de manera estructural, empotrado en la base y fletando el cuerpo del muro por la acción del empuje del amoniaco.

## **INSTALACIONES PARA LA CARGA Y DESCARGA**

Se consideran instalaciones de carga y descarga aquellos lugares en los que se realizan las operaciones siguientes:

- Traslado entre unidades de transporte y los almacenamientos, y viceversa.
- Traslado entre instalaciones fijas de almacenamiento y recipientes móviles.
- Traslado entre unidades de transporte y las instalaciones de proceso.

### **1. CARGADEROS TERRESTRES.**

Las instalaciones de cargaderos terrestres de camiones o vagones

deberán adaptar su diseño y criterios de operación a los requisitos de la reglamentación sobre el transporte, carga y descarga de mercancías peligrosas.

- Un cargadero puede tener varios puestos de carga y descarga de camiones o vagones cisterna. Su disposición puede ser tal, que cualquier derrame accidental debe ser conducido hacia un canal o sumidero de recogida por medio de la adecuada pendiente.
- Los cargaderos de camiones se situaran de forma que estos puedan dirigirse a ellos por caminos de libre circulación, con accesos amplios y bien señalizados y por pavimentos impermeables y resistentes al líquido trasvasado.
- Las vías de los cargaderos de camiones estarán sin pendiente en la zona de carga y descarga, para evacuar la carga electrostática.
- Antes de iniciar la operación de carga y descargas, el personal de la instalación efectuara una comprobación del estado de las mangueras y conexiones.
- Se dispondrá de un sistema de corte automático de fluido por pérdida de presión.

Anualmente se comprobará la estanqueidad de las mangueras sometiénolas a las pruebas establecidas en las normas aplicables o las recomendaciones del fabricante y, como mínimo, a 1,1 veces la presión máxima de servicio.

## **2. OPERACIONES DE CARGA Y DESCARGSA**

Estas operaciones se realizaran con lo dispuesto en la normativa de carga y descarga para el transporte de mercancías peligrosas.

## SISTEMA DE RECOGIDA DE PLUVIALES

La red de drenaje tiene como objetivo proporcionar una adecuada evacuación de los fluidos residuales, agua de lluvia, de proceso, de servicios contraincendios y otros que se puedan dar dentro del recinto de almacenamiento. Los efluentes son recogidos en el sumidero en el punto más bajo del recinto o cubeto, de manera que la superficie de recogida ha de tener una pendiente dirigida hacia el mismo del 1%.

La arqueta de recogida de pluviales tendrá unas dimensiones de 6x5x1,5 m, lo que hace que pueda alojar un volumen de 45 m<sup>3</sup>.

Para la calcular el dimensionamiento de la red (tuberías, accesorios...) se he utilizado la sección HS 5 del CTE denominado “Evacuación de aguas”.

El sumidero debe estar lo más alejado posible de la proyección de los depósitos y el trasiego de tuberías. En la siguiente tabla se puede observar el número de sumideros que hacen falta para desalojar las aguas pluviales el cubeto.

Superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> )	Número de sumideros
S < 100	2
100 ≤ S < 200	3
200 ≤ S < 500	4
S > 500	1 cada 150 m <sup>2</sup>

Cuadro 7. Número de sumideros para la recogida de pluviales

Si el área de nuestra superficie horizontal es de 1500 m<sup>2</sup>, se necesitaran 10 sumideros para que el agua de la lluvia drene correctamente.

Una vez obtenidos el número de sumideros, se va a elegir el diámetro de la bajante o colector de salida. Para hacerlo, se observa la siguiente

tabla:

Superficie en proyección horizontal servida (m <sup>2</sup> )	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

Cuadro 8. Diámetro del colector de salida

Como se ha mencionado anteriormente, el cubeto tiene una superficie de 1500 m<sup>2</sup>, entonces, se puede ver en la tabla que nos bastaría con una tubería de diámetro nominal 160 mm.

Ahora, se tendría que mirar en la normativa que diámetro mínimo debería tener los colectores secundarios, es decir, los colectores donde desembocan las bajantes.

Superficie proyectada (m²)			Diámetro nominal del colector (mm)
Pendiente del colector			
1 %	2 %	4 %	
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1.228	160
1.070	1.510	2.140	200
1.920	2.710	3.850	250
2.016	4.589	6.500	315

Cuadro 9. Diámetro del colector secundario

Se he elegido para nuestro proyecto una pendiente en las tuberías de 2% y con nuestro área es de 1500 m<sup>2</sup>, mirando la tabla se puede apreciar que los colectores tendrían que ser de 200 mm como mínimo.

Como el caudal se irá incrementando conforme se vaya encontrando las otras desembocaduras de los demás bajantes, se elige una tubería

inmediatamente superior conforme se vaya encontrando con cada una de las ramificaciones. Con todo esto los diámetros elegidos para la tubería del sistema de recogida de pluviales quedara de la siguiente manera:

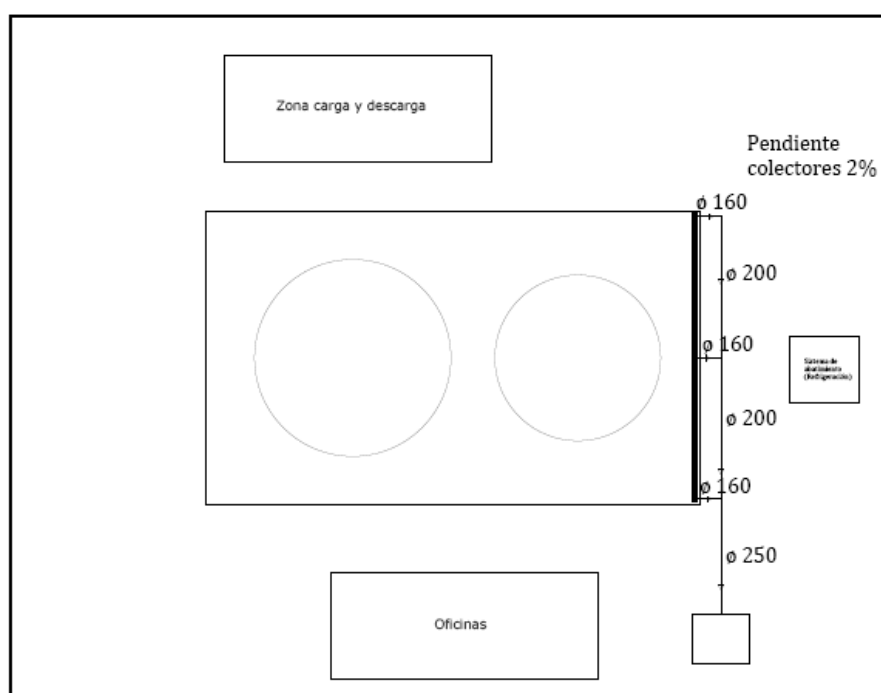


Figura 2. Diámetros de las tuberías de la recogida de pluviales

## SISTEMA DE TUBERÍAS

### 1. SISTEMAS DE TUBERÍAS

El diseño, materiales, fabricación, ensamblaje, pruebas e inspecciones de los sistemas de tuberías serán adecuadas a la velocidad de corrosión, pérdida de carga y temperatura de trabajo

esperadas para el producto a contener. Se tendrán en cuenta los esfuerzos combinados debidos a presiones, dilataciones u otras semejantes en las condiciones normales de servicio.

La instalación estará dotada de válvulas de purga para evitar una retención de líquidos en las tuberías cuando exista un problema o deba ser intervenida o desmontada.

Solo se instalaran tuberías enterradas en casos excepcionales debidamente justificados.

## **2. DISEÑO DE TUBERIAS**

Para el diseño del tendido de tuberías, se ha seguido las normas ASA B-36-10, aplicable a tramos rectos y accesorios (reducciones, codos...) de soldadura a tope.

Se tendrá que tener en cuenta en el diseño de las tuberías, que se deben utilizar elementos normalizados y existentes en el mercado. Las tuberías deberán estar separadas entre sí una distancia de, al menos, 250 mm, para labores de mantenimiento.

Las tuberías se agruparan y ordenaran para aprovechar el máximo espacio e irán montadas sobre bandejas o pipe racks, situando sus tramos horizontales por encima de los 4 m de elevación al objeto de no impedir o interrumpir el paso de camiones.

Definidas las conducciones, se prestara especial atención al estudio de las dilataciones que puedan producirse, ya que se deben evitar los esfuerzos que las tuberías puedan ejercer sobre las maquinas a las que van conectadas, como los producidos por las vibraciones, dilataciones.... Se tienen dispositivos para absorber las dilataciones:

- Liras de dilatación: empleadas generalmente en conducciones a elevada presión y temperatura, y de diámetro no excesivo.
- Compensadores de dilatación: utilizados para presiones de tipo medio y diámetros de conducciones grandes.
- Elementos especiales: como apoyos móviles, manguitos de goma.

Los apoyos tendrán que sostener el peso de las tuberías y de los fluidos que estas contienen, sin que se produzcan flechas exageradas, deben estar dispuestos que no reduzcan la capacidad ni flexibilidad de la conducción. En esos casos, se disponen anclajes que fijan la tubería a algún elemento estático, o apoyos deslizantes.

Se debe de prever la posibilidad de hacer un vacío de las tuberías, para tareas de limpieza, reparaciones o modificaciones en el trazado. No es conveniente que los líquidos duerman durante las paradas en los tramos horizontales o en los puntos bajos de las tuberías; para evitarlo, los tramos horizontales se colocan con una ligera pendiente, en función de la viscosidad del fluido disponiéndose en el tramo más bajo del trazado las válvulas de purga. También se dispondrán de válvulas de aireación, para el caso de líquidos, con la misión de eliminar las bolsas de aire que se pueden acumular en los puntos altos. Estas bolsas deberán ser eliminadas al llenar la tubería en la puesta en marcha del sistema. También es aconsejable abrirlas siempre que se proceda al vaciar la tubería, para evitar que se ocasione lo llamado golpe de ariete, donde se desprenden en el momento menos oportuno ciertos volúmenes de líquido que se han quedado colgados.

En el tendido de tuberías también ha de tenerse en cuenta otros factores como la comodidad de operación, el manejo de válvulas, accesibilidad a los instrumentos de medida y control...



En la memoria de cálculo queda reflejado la adopción de espesores y los Schedule de las tuberías.

### 3. VÁVULAS:

Los diferentes tipos de válvulas se pueden clasificar según su concepción, las condiciones de servicio, los materiales, o su utilización distinguiéndose si su misión es la de simplemente abrir o cerrar un circuito, o bien, de regulación, para el caso de controlar un caudal. Los tipos principales usados en la industria química son:

- Válvula de compuerta: es una válvula de retención que funciona mediante una compuerta cuya traslación se asegura por un vástago roscado, que obtura una compuerta cuya traslación se asegura por un vástago roscado, que obtura la sección de paso del fluido al deslizar entre dos aros fijos en el cuerpo. Los soportes de la válvula pueden ser paralelos o en forma de cuña. El cuerpo de la válvula de compuerta se haya coronado por una tapa en cuya parte superior se introduce el opérculo, que asegura la estanqueidad al paso del tornillo de maniobra, mediante una estopada y una piensa estopa. Esta tapa es roscada en diámetros inferiores a 2", y con bridas en las restantes medidas. La traslación del opérculo se consigue por dos medios, bien roscando la compuerta permaneciendo el vástago fijo, o bien roscando un soporte de usillo sobre la tapa, desplazándose el vástago en este caso. Este segundo método permite ver al instante si la válvula está abierta o cerrada.
- Válvula de globo (válvula de asiento): este tipo corresponde a una válvula de regulación que se utiliza como elemento de cierre para presiones muy altas. El movimiento del líquido queda interrumpido por un obturador, que cierra el paso entre los dos lados del cuerpo de la válvula.

La estanqueidad queda asegurada por los aros del cuerpo y el obturador. El cuerpo va cubierto por una tapa ya sea roscado o con bridas, según el diámetro, que recibe el sistema de estanqueidad del vástago de maniobra, estando sujeto en la tapa para subir o bajar el obturador.

- Válvula de macho: es una válvula de cierre que se utiliza en algunos casos para la regulación. Está constituida por un cuerpo en el que un elemento cónico -esférico, llamado macho, que lleva una abertura que al girar obtura o libera el paso del fluido. Este tipo de válvulas permite distribuir el flujo en varias direcciones, llamándose de dos, tres o cuatro vías.

El macho es solidario de un cuadrado externo que permite su maniobra. El cuerpo de la válvula se cubre con una tapa que mantiene el macho en su lugar. Su lubricación queda asegurada por unos engrasadores que se llenan a presión. Los cuernos y tapas de estas válvulas se construyen en fundición o en acero forjado para diámetros pequeños, y en acero fundido para los mayores.

- Válvulas de seguridad: las válvulas de seguridad protegen los aparatos contra las sobrepresiones. Están compuestas por un cuerpo provisto de bridas o roscado, y por una tapa atornillada o roscada que recibe el resorte y el vástago de la válvula. La parte delicada de la válvula es el obturador que debe responder a las siguientes exigencias:
  - Asegurar un retorno correcto sobre su asiento.
  - Volver progresivamente sobre su asiento para evitar golpes.
  - Mantener la estanqueidad.

El mecanizado de las caras de contacto debe ser muy cuidadoso pues la fuerza de apoyo es limitada. Se puede modificar ligeramente su presión de tarado mediante un tornillo de

regulación que actúa sobre el resorte.

Las válvulas de seguridad deben proteger todos los aparatos que funcionan a presión así como la impulsión de las bombas volumétricas.

- Válvulas de retención: su finalidad es evitar el retorno de fluidos. Las hay con obturador vertical (conducto horizontal) o con bola (conducto vertical) y de balancín (conducto vertical u horizontal).

La presión del fluido desplaza a la bola o al obturador de su asiento liberando el paso del fluido. Si la velocidad del fluido tiende a anularse o a cambiar de dirección, el peso de la bola o del obturador lo retoma sobre su asiento, y el paso queda cerrado.

Los cuerpos de las válvulas de retención van cerrados por una tapa roscada o con bridas que permite el acceso al obturador.

Para las válvulas de retención con obturador o con bolas se utilizan diámetros inferiores a 2" y los de balancín en los restantes.

#### 4. UNIONES ENTRE TUBERÍAS Y VÁLVULAS.

Las válvulas pueden conectarse a las tuberías de tres formas:

- Roscadas: solo es posible para diámetros pequeños y bajas presiones.
- Mediante enchufe y soldadura: para diámetros de 2" e inferiores y cualquier presión.
- Mediante juntas y bridas: para diámetros mayores de 2" y cualquier presión.

Las válvulas de los primeros casos están clasificadas como accesorios

de tuberías, mientras que las válvulas del tercer tipo y las bridas de enlace correspondiente, quedan clasificadas por la denominada presión de servicio primaria, existiendo los estándares:

150, 300, 400, 600, 900, 1500 y 2000 lb/inch<sup>2</sup>, a temperatura máxima de 450°C.

Con esta normalización, cualquier válvula de un determinado diámetro y presión primaria es intercambiable con otra de cualquier fabricante (sea de asiento, compuerta o retención).

La presión primaria de servicio indica la presión a la que se puede hacer trabajar la válvula en continuo a la temperatura límite superior.

## **5. UNIONES MEDIANTE BRIDAS.**

De los tres métodos anteriores se hará especial mención al último, dado que la unión mediante bridas es el medio más utilizado para conservar la posibilidad de desmontaje. Las bridas comprimen una junta de caucho amianto, o metal, para asegurar la estanqueidad. Las dimensiones de las bridas, de los pernos y su número, permiten soportar la presión longitudinal resultante además de apretar suficientemente la junta. Las dimensiones están normalizadas, según la presión y la temperatura. Con iguales dimensiones, las condiciones de utilización varían con la calidad del metal utilizado.

## **6. TIPOS DE BRIDAS.**

Los americanos han clasificado sus bridas en la relación de valores expuestas en los puntos anteriores y están de acuerdo con las normas

ASA.

Para las bridas, independientemente de su clasificación según la presión primaria de servicio, existe una normalización en cuanto a la forma de unión de la brida con la tubería:

- **Welding-neck (o de cuello):** es una pieza forjada para altas presiones y temperaturas. Ciertas refinerías la utilizan todos los servicios, pues se montan con facilidad, con un solo cordón de soldadura.
- **Slip-on (plana):** es una pieza forjada para servicios moderados. Se encaja en el tubo y es fácil de soldar pero requiere dos cordones de soldadura.<sup>4</sup>
- **Roscada:** se utiliza en diámetros inferiores a 2". Permite un desmontaje más cómodo e igualmente admite utilizar materiales diferentes. Sin embargo, en numerosos casos se efectúa un cordón de soldadura para mejorar la estanqueidad.
- **Socket-weld (de encastre):** se utiliza para diámetros inferiores a 2". Se encaja en el tubo por lo que se obtiene un montaje más cómodo. Requiere solamente un cordón de soldadura.

## **7. TIPOS DE JUNTAS**

Según las presiones y temperaturas, se utilizarán diferentes tipos de junta que necesitarán diversos tipos de cara para las bridas. Estos son:

- **Flast face (cara plana):** se utiliza para bajas temperatura y presiones (150 y 300 lb/inch<sup>2</sup>).
- **Raised face (cara con resaltes):** es la más utilizada para tensiones (150, 300, 400 y 600 lb/inch<sup>2</sup>) y temperaturas medias. La junta es de caucho forrado de amianto, con soporte o revestimiento metálico.

- Male-female (machihembra): conviene para presiones y temperaturas elevadas. La junta es metaloplástica o enteramente metálica. Esta junta está tendiendo al desuso.
- Ring toric joint (de anillo teórico): la cara con junta anular convive en las condiciones más severas de presión (900 lb/inch<sup>2</sup>, o incluso, vacío) y temperatura. La junta es tórica, con sección octogonal o elíptica y enteramente metálica.

## **BOMBAS**

Las bombas, son elementos vitales en las plantas de fabricación, son máquinas que realizan el trabajo para mantener un líquido en movimiento. El efecto conseguido será aumentar la presión o la energía cinética del fluido.

Para asegurar un funcionamiento continuado, las bombas se instalan dobladas. La principal movida por un motor eléctrico y la de reserva conectado a la red de emergencia. La bomba de reserva debe estar dispuesta para funcionar y dar el relevo ya sea por un dispositivo automático o manual.

### **1. TIPOS DE BOMBAS**

Pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- Dinámicas o de energía cinética: la energía es comunicada al fluido por un elemento rotativo. Esta se transforma luego, en parte, en energía de presión. El caudal, a una determinada velocidad de rotación, depende de la resistencia al movimiento en la línea de descarga.

- Desplazamiento positivo: en las bombas de desplazamiento positivo existe una relación directa entre el movimiento de los elementos de bombea y la cantidad de líquido movido.

Podemos clasificarlas de manera general como se hace en la siguiente tabla:

TIPOS DE BOMBAS	Desplazamiento positivo (autocebadas)	Alternativas	De pistón
			De émbolo buzo
			De diafragma
		Rotativas	Engranajes
			Tornillos
			Paletas
			Levas
			Especiales
	Energía cinética (no son autocebantes)	Neumáticas	Centrífugas
			Radiales
			Diagonales
		Regenerativas	Axiales
			Especiales
			De eyector
		Periféricas o de turbina	De gas
			De ariete hidráulico

Tabla 1. Tipos de bombas

## 2. NPSH requerido de las bombas:

Es una característica de la bomba que viene impuesta por el comprador. Se determina por prueba o calculo, y es aquella energía necesaria para llenar la parte de aspiración y vencer las pérdidas de rozamiento y el aumento de la velocidad.

En resumen, es la energía del líquido que una bomba necesita para funcionar satisfactoriamente. Como los tipos de bombas que se utilizan

en mayor medida son las centrifugas y rotativas, tenemos que:

- El NPSH requerido de una bomba es aquella cantidad (en metros de columna de líquido) precisada para:
  - Vencer las pérdidas de carga desde la abertura de admisión de los alabes del impulsor.
  - Crear la velocidad deseada de corriente a los alabes.
- El NPSH requerido de una bomba rotativa es aquella cantidad (en metros, kg/cm<sup>2</sup>) precisada para:
  - Vencer las pérdidas de carga desde la abertura de admisión a los engranajes o paletas.
  - Crear la velocidad de entrada a los engranajes o paletas.

### 3. NPSH disponible

Es una característica del sistema y se define como la energía que tiene un líquido en la toma de aspiración de la bomba (independientemente del tipo de esta).

El NPSH disponible puede ser calculado tomando lecturas de prueba en el lado de la aspiración de la bomba. Dado que un líquido puede tener tres clases de energía y puesto que el NPSH es energía, los métodos para determinar el NPSH disponible deben considerar las energías potencial, de presión y cinética.

El NPSH disponible debe ser igual o superior al NPSH requerido para que la bomba cargue y suministre la cantidad de líquido. De manera general, para que la bomba tenga un buen funcionamiento se debe verificar que:

$$NPSH_{disponible} - NPSH_{requerido} \geq 1$$

### 4. CAVITACIÓN



Cuando un líquido se mueve en una región en la presión es menor que la presión de vapor de este, hierve y se forman burbujas de vapor en su seno. Las burbujas de vapor son arrastradas por el líquido hasta una región donde alcanza una presión más elevada y allí desaparecen bruscamente, a este fenómeno se le llama cavitación.

Los efectos más evidentes de la cavitación, los ruidos y la vibración, se deben a la desaparición de las burbujas. Cuanto mayor es la bomba, mayores son los ruidos y la vibración. También pueden causar averías en rodamientos, rotura de eje y otros fallos en la bomba por fatiga de los materiales.

Si la bomba trabaja en condiciones de cavitación durante periodos largos de tiempo, especialmente para servicios con agua, se produce el picado de los alabes del impulsor. Esto se debe a que en la aparición violenta de las burbujas de vapor, el líquido circundante ocupa con alta intensidad áreas reducidas, estas presiones ejercidas por el líquido pueden sobrepasar la resistencia a la tracción del metal que forma el alabe y realmente arrancar partículas dando al material una apariencia esponjosa.

Otro factor primordial de la cavitación es una disminución en el rendimiento de la bomba, que se evidencia en una disminución de la capacidad.

En general, la cavitación indica un NPSH disponible insuficiente, perdidas excesivas en la aspiración, reducidas alturas estáticas y una alta temperatura. Si no existe la forma de modificar el sistema, puede llegar a ser preciso modificar las condiciones de forma que pueda utilizarse una bomba distinta con un NPSH requerido más bajo.

El fenómeno de la cavitación desaparece proyectando la máquina de modo que la presión no sea inferior a la presión de vapor en cualquier

punto del fluido.

## 5. Rendimiento mecánico de las bombas

El rendimiento es el cociente entre la potencia hidráulica (potencia precisada por la bomba solo para bombear el líquido) y la potencia absorbida (potencia precisa por la bomba para realizar una cantidad de trabajo determinado).

$$W_{absorbida} = W_{hidraulica} + W_{rozamiento}$$

$$\eta = \frac{W_{hidraulica}}{W_{absorbida}}$$

## RECUPERACIÓN DE AMONIACO

### 1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.

Para la recuperación del amoniaco derramado por una posible fuga en el interior del recinto de almacenamiento, vamos a utilizar una bomba centrífuga.

La bomba se ubicará en el interior de un recinto enterrado, con accesibilidad para operarios de mantenimiento, mediante una trampilla metálica de dimensiones 80x80 cm. Con tirados y pates de polipropileno para su bajada, de características similares a las existentes para el acceso a pozos de registro de la red de saneamiento.

El grupo bomba-motor se apoya sobre una fundación completamente plana, lisa y nivelada mediante pernos de anclaje convenientes para evitar posibles vibraciones debidas al funcionamiento.

El conjunto debe ser alineado previamente en fábrica, pero debido al transporte y al anclaje a la fundación, el equipo deberá ser realineado antes de proceder al arranque. La correcta alineación del acoplamiento estándar consiste en corregir los posibles errores de paralelismo y concentricidad, utilizando calzos de chapa en el motor.

La posición de las bridas deberá ser totalmente paralela, con sus ejes concéntricos, a fin de minimizar esfuerzos en los cuellos de la bomba, ya que traerían consigo deformaciones o desalineación de los ejes.

No se podrá utilizar la bomba como punto de sujeción de la instalación. Las tuberías de aspiración e impulsión no deben producir tensiones sobre los cuellos de la bomba que puedan sobrepasar sus valores máximos.

Se va a utilizar arrostramientos independientes para soportar el peso y esfuerzo de las tuberías. Los diámetros de las tuberías, válvulas y accesorias deben ser calculados en función de las pérdidas de carga previstas en la instalación y de manera que las velocidades del fluido sean:

- Velocidad en tubería de impulsión: 2-3 m/s.
- Velocidad en la tubería de aspiración: 1-2 m/s.

En la tubería de aspiración se colocara un filtro colador ampliamente dimensionado de manera que se evite la entrada de suciedad de tamaño superior al permitido en la bomba.

La tubería de impulsión deberá tener un diámetro mayor que la boca de la bomba. También se deberá colocar una válvula de compuerta para regular el caudal y evitar posibles sobrecargas del motor, así como para aislar la bomba en el mantenimiento.

Para evitar el giro en sentido inverso de las bombas, peligro de

desenroscado del impulsor, deberá colocarse una válvula de retención, con by-pass si hay válvula de pie) en la tubería de impulsión.

Para evitar que la bomba se descebe en una parada, se deberá colocar una válvula de pie al final de la tubería de aspiración.

Al enroscarse la bomba en aspiración en carga, la tubería de aspiración e impulsión deberán ser estancas y con diámetro generalmente mayores que las bocas de la bomba. El cono difusor podrá ser excéntrico o concéntrico. Se deberá colocar una válvula de compuerta para aislar en el mantenimiento.

El tipo de material empleado en las canalizaciones de aspiración e impulsión será el acero inoxidable AISI 316 L, muy utilizado cuando se quiere conseguir una estanqueidad total de la instalación.

## **2. PUESTA EN MARCHA Y FUNCIONAMIENTO.**

El arranque deberá hacerse con las válvulas de aspiración totalmente abiertas y la válvula de impulsión parcialmente cerrada, y una vez que la bomba haya alcanzado su velocidad de régimen y se haya eliminado el aire en la aspiración, se regulara el punto de funcionamiento maniobrando sobre la válvula de impulsión.

Es necesario comprobar durante la fase de cebado que se evacua perfectamente todo el aire de la tubería de aspiración.

Si al arrancar se dispara el guardamotor del motor eléctrico, será necesario cerrar más la válvula de impulsión hasta que el equipo arranque correctamente.

## **PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS POR ESPUMA**

La espuma es utilizada como agente extintor para el combate de los incendios. Su uso más extendido es para líquidos combustibles e inflamables, no obstante gracias a su capacidad como agente extintor se utiliza cada vez más para fuegos de clase.

Se definen los siguientes términos:

- Espumógeno: producto líquido que, disuelto en agua en la proporción adecuada, es capaz de producir una espuma por incorporación de aire u otro gas. Un agente formador de película acuosa es también un espumógeno, aunque no precise de la utilización de equipos convencionales de obtención de espuma con sistema de incorporación de aire.
- Espumante: disolución de espumógeno en agua. Esta disolución puede prepararse de forma discontinua por mezcla de ambos componentes en un recipiente (lo que se denomina una premezcla), o de manera continua incorporando espumógeno en el flujo de la corriente de agua mediante un equipo adecuado.
- Espuma: agente extintor formado por un aglomerado estable de burbujas obtenido a partir del espumante por incorporación de aire u otro gas en un equipo adecuado. La espuma debe extenderse sobre la superficie formando una capa que excluye el contacto con el oxígeno del aire e impide la emisión de vapores.

Para la protección contra incendios por espuma se ha optado por montar en el parque dos equipos compactos de fabricación de espuma. Los sistemas cuentan con los siguientes equipos:

- Cilindros con agua
- Cilindros con nitrógeno
- Depósito con espumógeno

- Mangueras

en la siguiente ilustración se puede ver un tipo de equipo compacto similar al utilizado en nuestro proyecto:



Figura 3. Ejemplo de equipo compacto de protección contra incendios por espuma

## PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS POR AGUA

### 1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Para la protección contra incendios por agua vamos a utilizar un sistema de diluvio, generalmente utilizado en aplicaciones de alto riesgo. Dicho sistema tiene como objetivo la extinción del incendio, la refrigeración o ambos. En el caso de líquidos volátiles tales como el amoníaco, el objetivo principal del sistema de diluvio es enfriar los equipos para que no resulten dañados por el incendio, además de diluir el amoníaco vertido y arrastrarlo hasta el sumidero de la instalación de recuperación de amoníaco.

En ciertas condiciones es admisible la pérdida del producto con el fin de que los equipos de almacenamiento no resulten dañados, y la puesta en servicio sea en poco tiempo. Además con la dilución del amoníaco evitamos correr riesgos de salubridad. El incendio generalmente suele extinguirse por acción directa sobre el mismo o bien dejando que se consuma el combustible.

La refrigeración por agua de los depósitos debe cumplir dos funciones importantes:

- a. Mantener las estructuras a una temperatura inferior a la cual se produce una pérdida de su capacidad portante y un consecuente colapso.
- b. Limitar el calentamiento del líquido o gas amoníaco para que la presión en los equipos mantenga dentro de los límites de presión aceptados.

Los equipos pueden estar dispuestos en un excesivo calor por dos causas:

- Incendio en las proximidades del depósito.
- Incendio originado por un derrame que envuelve al equipo.

Los depósitos diseñados anteriormente tienen una gran capacidad para absorber calor sin que su temperatura aumente de manera significativa. Debido a la buena conductividad térmica existente entre las paredes del depósito y el amoniaco, las envolventes de las esferas se mantienen relativamente frías. El interior de los depósitos rara vez está limpio, formándose rastros que actúan como aislante y reducen la transmisión de calor al amoniaco.

En otras condiciones, por ejemplo, cuando los depósitos están vacíos o llenos de gas, su capacidad de calor que fuertemente reducida siendo lo más susceptible a ser dañado por incendio. En condiciones normales de funcionamiento suele ocurrir esto pues la parte superior de la esfera (5% del total) está ocupada por gas.

Cuando un gas o líquido volátil es sometido a un calentamiento, el depósito experimente una subida de presión interior que debe ser reducida o liberada. De no ser así se corre el riesgo de ruptura del depósito. Si el incendio ocasiona daños en zonas puntuales, serán estas las zonas más propensas a fallar.

Nuestros depósitos dispondrán de unas válvulas de seguridad taradas a una presión adecuada como para mantener la presión interior dentro de límites seguros. Es posible que la acción de las válvulas no sea suficiente como para aliviar el exceso de presión del depósito, de manera que los equipos se refrigeran para que las válvulas sean capaces de disminuir la presión interna del depósito.

Las estructuras portantes no encastradas en hormigón o protegidas contra el fuego, deben protegerse pues su fallo puede producir el



colapso de los equipos.

En la mayoría de los casos se requiere proteger el equipo al completo, aplicando sobre cada punto la misma densidad de agua. Esto es imposible ya que los patrones de descarga de las boquillas rara vez se adaptan a los contornos de los equipos. Debido a la ubicación de nuestros depósitos a la intemperie, existen otros elementos, como el viento o la gravedad, que dificultan enormemente la uniformidad del rociado. Ante esto la solución consiste en ubicar las boquillas como máximo a 0,60 m de la superficie a proteger.

El agua aplicada en la parte superior de los depósitos, escurre por sus partes verticales, siendo cantidades difícilmente estimables debido al viento, a que la superficie no esté completamente vertical o bien la existencia de partes sobresalientes que puedan tapar determinadas áreas. La suciedad de la envolvente puede incluso desviar algo el agua, de manera que ésta ya no se distribuiría homogéneamente.

A la hora de distribuir las boquillas de pulverización nos podemos encontrar con puntos no mojados. Los radios de acción de estos elementos pueden no alcanzar a determinadas zonas especiales, tales como soldaduras superiores. Si además está expuesta a una radiación importante, puede formarse un rastro carbonoso que aumenta notablemente la conducción de calor por radiación, repeliendo además dicha zona el agua debido a la naturaleza del carbón.

Por lo general, los puntos secos superiores son muchos más peligrosos que los inferiores o laterales, donde se tiene el efecto de escurrimiento del agua.

Se siguen los siguientes pasos para conseguir un buen sistema de refrigeración por diluvio:

- Determinar las dimensiones adecuadas del equipo y los caudales de agua necesarios.
- Establecer las áreas de diseño individual y la total.
- Determinar las demandas de agua, tanto parciales como totales.
- Determinar las condiciones de abastecimiento de agua y la probable presión disponible en cada zona del diseño.
- Determinar el número y tipo de boquillas requeridas para una buena cobertura y las necesidades de agua mediante un proceso de tanteo con el programa HASS (Hidraulic Analyzer of Sprinkler Systems).

Es posible elegir los ángulos de pulverización y los caudales de las boquillas, estableciendo una distribución acorde con las necesidades requeridas.

## **2. PUESTO DE CONTROL**

Las válvulas de diluvio/pre acción actúan como la válvula reguladora principal. Normalmente están cerradas, siendo accionadas (abiertas) automáticamente por un sistema de detección. Al accionarse, la válvula diluvio/ pre acción y/o sus accesorios ofrecen una manera de sonar la alarma de incendio y puede también realizar otras funciones auxiliares deseadas por el usuario. Además, la válvula se abrirá eléctricamente y dispone de rearme externo sin la necesidad de desmontar la tapa de acceso a la válvula.

El accionamiento de las válvulas de diluvio/pre acción depende de la presión hidráulica que actúa sobre el lado de la cámara superior del diafragma, el cual mantiene cerrada la clapeta de la válvula de diluvio contra la presión del agua de la red. La válvula se abre cuando la presión sobre el conjunto del diafragma es aliviada por medio del

sistema de detección o por funcionamiento manual.

La presión hidráulica de la cámara superior se proporciona mediante una conexión a la alimentación de agua de la red en un punto aguas arriba de la válvula reguladora manual del sistema. Esta conexión también proporciona presión hidráulica a una línea “mojada” de rociadores de pilotaje, o una electroválvula, según el sistema de detección utilizado.

Cuando un incendio abre un rociador de pilotaje o hace funcionar un detector eléctrico, se alivia presión hidráulica en la línea de pilotaje, produciendo una pérdida de presión en el diafragma. Entonces, debido a la presión de alimentación del agua del sistema, se abre la clapeta de la válvula de diluvio/pre acción, lo cual resulta en flujo del agua hacia las tuberías del sistema y, por tanto, a los rociadores o boquillas. El agua fluye también por la conexión de la línea de alarma para hacer sonar un motor de agua y gong y/o poner en marcha un interruptor de alarma accionado por presión.

El funcionamiento de la estación de control ubicada en la válvula de diluvio/ pre acción o a través del funcionamiento de un control hidráulico, neumático o eléctrico a distancia aliviara también la presión en la línea de pilotaje, resultando en el funcionamiento de la válvula de diluvio/pre acción.

### **3. LANZAS PULVERIZADORAS**

Las lanzas de triple efecto (chorro, pulverizado y cierre) están diseñadas para la proyección de agua destinada a la extinción. Su manejo es sencillo, haciendo girar el cuerpo sobre el husillo principal. Las dimensiones y pesos de los equipos son reducidas para que la manipulación resulte fácil y ligera. Dispone de un sistema de autolimpieza continuo además de un dentado metálico que le confiere

gran resistencia a impactos. Utilizados por los cuerpos de extinción de incendios.

El cuerpo de la lanza es de aluminio, especialmente tratado para su mayor robustez y su menor peso. La seta difusora es de acero inoxidable, debidamente forjado. Los asideros o empuñaduras son en aleación de aluminio. Las gomas protectoras se fabrican en caucho, protegiendo así a la propia lanza de caídas fortuitas. En cada aparato se adhiere una etiqueta con las características de la misma o se gravan en alto relieve su correcta utilización.

La lanza se alimenta de agua debidamente presurizada y haciendo girar al contrario de las agujas del reloj el cuerpo exterior sobre el usillo interior, lográndose efectos de abertura en chorro y progresivamente el pulverizado.



Figura 4. Ejemplo de lanza pulverizadora

#### 4. DUCHAS DE SEGURIDAD Y FUENTE LAVAOJOS.

Las duchas de seguridad y las fuentes lavaojos son equipos de emergencia para los casos de proyecciones, derrames o salpicaduras de amoníaco sobre los operarios que se encuentren en la zona en el

momento del suceso, con riego de contaminación o quemadura química.

Proporcionan el suficiente caudal de agua para empapar de inmediato a una persona completamente (ducha) o los ojos (lavaojos).

Estará constituida de acero galvanizado, con revestimiento mediante pintura epoxi. La campana de ducha será de 220 mm de diámetro, construida en aluminio fundido y revestida con pintura epoxi. Produce una campana de agua de 500 mm de diámetro. La fuente lavaojos estará construida de acero inoxidable de 250 mm de diámetro y tendrá un rociador de bronce cromado que produce lluvia con efecto lavaojos y lavacara. El chorro de este rociador debe ser de baja presión con un tiempo de aplicación de agua establecido entre 10 y 20 minutos.

Su sistema de accionamiento es fácil, rápido y accesible, eligiendo un tirador triangular unido a una barra fija en las duchas y un accionador de pie para las fuentes lavaojos.

Disponen de un cabezal de al menos 200 mm de diámetro con orificios grandes para evitar que se obstruyan fácilmente con depósitos de cal o de óxido. Podrá acomodar a dos personas en caso necesario.

Estos equipos se deben situar lo más cerca posible al recinto de almacenamiento, para que, ante una posible situación de emergencia, los afectados puedan ser atendidos en un tiempo menor a 15 segundos. Se situaran en las direcciones de salida del recinto de almacenamiento, sin obstaculizar la salida o los recorridos de evacuación. Debe dejarse un espacio alrededor libre de obstrucciones y estarán claramente señalizados.

## SISTEMA DE ABATIMIENTO (REFRIGERACIÓN)

### 1. CARACTERÍSTICAS DEL REFRIGERANTE.

El refrigerante es el fluido que se utiliza en un sistema de refrigeración, en el cual alternativamente se vaporiza y se condensa absorbiendo y cediendo calor, respectivamente.

Para que un refrigerante sea apropiado, debe poseer ciertas propiedades físicas, químicas y termodinámicas que lo hagan seguro durante su uso, como por ejemplo:

- Baja temperatura de ebullición. Un punto de ebullición por debajo de la temperatura ambiente, a presión atmosférica.
- Fácilmente manejable en estado líquido, el líquido de ebullición debe ser controlable con facilidad de modo que su capacidad de absorber calor sea controlable también.
- Alto calor latente de vaporización, cuanto más elevado sea este, mayor será el calor absorbido por kilogramo de refrigerante en circulación.
- No inflamable, no explosivo y no tóxico.
- Químicamente estable, con el fin de tolerar sucesivos cambios de estado.
- No corrosivo, para asegurar que en la construcción del sistema puedan usarse materiales comunes y la larga vida de todos los componentes.
- Moderadas presiones de trabajo; las elevadas presiones de condensación ( $25\text{-}28\text{ kg/cm}^2$ ) requieren un equipo muy pesado. Por otro lado la operación en vacío ( $P < 0\text{ kg/cm}^2$ ) introduce la posibilidad de penetración de aire en el sistema.

- Inocuo para los aceites lubricantes; la acción del refrigerante en los aceites lubricantes no debe alterar la acción de lubricación.
- Bajo punto de congelación; la temperatura de congelación tiene que estar muy por debajo de cualquier temperatura a la cual pueda operar el evaporador.
- Alta temperatura crítica; un vapor que no se condense a temperatura mayor que su valor crítico, sin importar cual sea la presión. La mayoría de los refrigerantes poseen temperaturas críticas superiores a los 93°C.
- Moderado volumen específico de vapor; con el fin de reducir al mínimo el tamaño del compresor.
- Bajo costo; a fin de mantener el precio del equipo dentro de lo razonable y asegurar el servicio adecuado cuando sea necesario.

Las propiedades más importantes del refrigerante que influyen en su capacidad y eficiencia son:

- Calor latente de vaporización.
- Relación de compresión.
- Calor específico del refrigerante tanto en estado líquido como en estado vapor.

Salvo para sistema muy pequeños, es deseable tener un valor alto de calor latente para que sea mínimo el peso de refrigerante que circula.

Cuando se tiene un valor alto de calor latente y un volumen específico bajo la presión en la condición de vapor, se tiene un gran aumento en la capacidad y eficiencia del compresor, disminuyendo el consumo de potencia, y permitiendo el empleo de un equipo más compacto. En los sistemas pequeños, si el valor de calor latente es muy elevado, la cantidad de refrigerante en circulación será lo suficiente como para tener un control exacto del líquido.

Es mejor tener un calor específico bajo en el líquido y un valor alto en el vapor para que ambos tiendan a aumentar el efecto del refrigerante por unidad de peso. El primero se logra aumentando el efecto de subenfriamiento y el último disminuyendo el efecto de sobrecalentamiento. Cuando se cumplan estas condiciones en un fluido simple, se lograra mejorar la eficiencia del cambiador de calor líquido.

Con relaciones de compresión bajas se tendrá un consumo de potencia y alta eficiencia volumétrica, siendo esto último más importante en sistemas pequeños ya que permitirá el uso de compresores pequeños.

Con un coeficiente de conductancia alto, pueden mejorar las relaciones de transferencia de calor, sobre todo en caso de enfriamiento de líquidos, y de esta forma se pueden reducir el tamaño y el costo del equipo de transferencia. La relación de la presión con la temperatura del refrigerante debe ser tal que la presión en el evaporador siempre este por encima de la atmosférica. En el caso de tener fuga en el lado de menor presión del sistema, si la presión es menor a la atmosférica, se introducirá una considerable cantidad de aire y humedad en el sistema, mientras que si la presión vaporizante es mayor a la atmosférica, se minimiza la posibilidad de introducción de aire y humedad al sistema al tenerse una fuga.

La presión condensante debe ser razonablemente baja, ya que esto permite usar materiales de peso ligero en la construcción del equipo para condensación, reduciéndose así el tamaño y el costo.

A efectos de lo dispuesto en el artículo 2 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas, los refrigerantes se clasifican en tres grupos:

- Grupo primero: Refrigerantes de alta seguridad.
- Grupo segundo: refrigerantes de media seguridad.



- Grupo tercero: refrigerantes de baja seguridad.

El amoníaco se encuentra en el segundo grupo.

Los refrigerantes del grupo segundo con sistemas de refrigeración directos podrán utilizarse en los locales industriales sin limitación de carga. En todos los demás locales solamente podrán ser utilizados con equipos de absorción herméticos o equipos compactos y semicompactos, con las cargas y en los casos indicados en la tabla II, y siempre para usos distintos del acondicionamiento de aire.

Los refrigerantes del grupo segundo con sistemas de refrigeración indirectos abiertos, solo se podrán utilizar en los locales industriales, sin que se establezca límite de carga. En los demás locales no podrán ser utilizados en ningún caso.

## **2. SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN.**

A efecto de lo dispuesto en el artículo 21 del Reglamento de Seguridad para plantas instalaciones Frigoríficas, los sistemas de refrigeración se clasifican según se establece a continuación:

- Sistema directo: sistema de refrigeración sin circuitos auxiliares, estando el evaporador del circuito primario directamente en contacto con el medio a enfriar o acondicionar.
- Sistema indirecto cerrado: sistema de refrigeración con un solo circuito auxiliar, cuya materia circulada no entra en contacto con el medio a enfriar o a acondicionar.
- Sistema indirecto abierto: sistema de refrigeración con un solo circuito auxiliar, cuya materia circulada entra en contacto con el medio a enfriar o a acondicionar.

- Sistema doble indirecto cerrado: sistema de refrigeración con dos circuitos auxiliares en serie, tal que la materia circulada en el circuito final no entra en contacto con el medio a enfriar o a acondicionar.
- Sistema doble indirecto abierto: sistema de refrigeración con dos circuitos auxiliares en serie tal que la materia circulada en el circuito final entra en contacto con el medio a enfriar o a acondicionar.
- Sistema indirecto cerrado ventilado: similar al indirecto abierto, pero en el que el tanque del circuito principal está a la presión atmosférica.
- Sistema indirecto abierto ventilado: similar al indirecto abierto, pero el evaporador está situado en un tanque abierto o comunicado con la atmosfera.

En nuestro caso, se escogerá el sistema indirecto cerrado.

### **3. MATERIALES EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS FRICORÍFICOS.**

De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 23 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas, cualquier material empleado en la construcción e instalación de un equipo frigorífico debe ser resistente a la acción de las materias con las que entre en contacto, de forma que no pueda deteriorarse en condiciones normales de utilización, y, en especial, se tendrá en cuenta su resiliencia a efectos de su fragilidad a baja temperatura.

Con cada partida o lote de tubería no sujeta a homologación el fabricante suministrara los correspondientes certificados que

acrediten las especificaciones de la misma.

Con refrigeración del segundo grupo deberá ser siempre por soldadura fuerte.

#### **4. RECIPIENTES DE REFRIGERANTE LÍQUIDO.**

Los recipientes de refrigerante deberán ser distintos de cualquier otro elemento de la instalación, salvo condensadores de tipo multitubular horizontal e inmersión con envolvente general, que podrán ser utilizados, en su caso, como recipientes de refrigerante líquido.

La capacidad del recipiente de refrigerante líquido perteneciente a un equipo frigorífico con múltiples evaporadores será, como mínimo, de 1,25 veces la capacidad del evaporador mayor.

En las instalaciones con evaporador único, la colocación del recipiente de refrigerante líquido será facultativa del instalador.

Si un condensador multitubular horizontal o de inmersión con envolvente general se utiliza como recipiente de líquido, deberá tenerse en cuenta que, al recoger la carga de la instalación, la superficie de intercambio de calor libre del refrigerante líquido sea suficiente para que en ningún momento sea superada la presión máxima de servicio.

#### **5. TUBERÍAS Y CONEXIONES.**

Las uniones de tuberías o elementos que contienen refrigerante que vayan a ir cubiertas o protegidas deberán ser expuestas para inspecciones visuales y probadas antes de cubrir o de colocar las protecciones.

Las válvulas que se instalen en tuberías de corte deberán tener apoyos independientes de las tuberías, de resistencia y seguridad adecuadas.

Las válvulas de seccionamiento deberán ser rotuladas o numeradas.

## **6. DESCARGA DE CONDUCTORES DE AGUA.**

Las descargas de las conducciones de agua de enfriamiento de compresores a la red de saneamiento no se efectúan de manera directa, sino interrumpiendo el conducto con un dispositivo de chorro libre que permita su observación en todo momento.

El agua procedente del enfriamiento de compresores y de condensación se considera como no potable, a efectos de utilización y consumo humano, salvo su dictamen favorable del correspondiente Organismo competente de la Dirección General de Sanidad.

El suministro desde la red de agua potable estará protegido, en todo caso, por los siguientes elementos:

- Grifo de cierre.
- Purgador de control de la estanqueidad del dispositivo de retención.
- Dispositivo de retención.

## **7. DISPOSITIVOS DE PURGA DE AIRE Y ACEITE.**

Las purgas de aire y de aceite de engrase de compresores, que se hayan acumulado en el circuito, estarán dispuestas de modo que su operación pueda efectuarse descargando en recipientes que se absorban el

refrigerado o indiquen su presencia.

Los líquidos residuales contaminados con aceite, fluidos frigoríficos, no serán vertidos directamente a la red de saneamiento, sino que después de ser tratados adecuadamente para que los niveles de concentración de contaminantes no superen los valores indicados en su legislación vigente. Similar precaución se adoptara para la temperatura del agua residual en el momento del vertido.

## **8. APARATOS INDICADORES Y DE MEDIDA.**

Las instalaciones deben equiparse con aparatos indicadores y de medida que sean necesarios para su adecuada utilización y conservación. Entre estos elementos tenemos:

- Manómetros: estos aparatos estarán graduados en unidades de presión, siendo adecuados para los fluidos frigoríferos que se utilicen.
- Los manómetros instalados permanentemente en el sector de alta presión deberán tener graduación superior a un 20% de la presión máxima de servicio, como mínimo. La presión máxima de la instalación estará indicada claramente con una fuerte señal roja.
- Manómetros indicadores: los compresores estarán provistos de manómetros en las instalaciones con refrigerantes del segundo grupo, cuando la carga de las mismas sobrepase los 25 kg.
- Bombas volumétricas para líquidos que estarán provistas de un manómetro en el sector de alta presión o de impulsión. Se preverá la colocación de un dispositivo apropiado de amortiguamiento de una válvula de cierre automático para evitar la fuga de fluidos peligrosos.

- Los recipientes que hayan que someterse a pruebas de presión estarán provistos de conexiones para la colocación de manómetros que serán independientes y estarán distanciados de la conexión que se utilice para las citadas pruebas, a menos, que se hayan tomado otras medidas adecuadas para asegurarse de que la presión que soportan pueda conocerse con las indicaciones de un único manómetro.
- Las camisas de calefacción manual que se desescarchen utilizando calor o altas temperaturas, estarán provistos de manómetros.
- Los indicadores visuales de nivel de refrigerante de tipo tubo comunicante o similar, de mirilla continua, deberán estar dotados de protección exterior adecuada para el material transparente y tener en sus extremos dispositivos de bloqueo automático para caso de rotura, con válvulas de seccionamiento manuales.

## **9. ELEMENTOS DE SEGURIDAD.**

Toda instalación frigorífica cuya carga de refrigerante sea superior o igual a 20 kg, estará protegida, como mínimo, por un elemento de seguridad, conectado a algún elemento del sector de alta presión.

Todo elemento perteneciente al sector de alta presión, excepto las tuberías de conexión y paso de refrigerante, aislable mediante válvulas de seccionamiento y que contenga refrigerante líquido, cuyo diámetro sea mayor de 160 mm, será protegido por una válvula de seguridad.

Todo compresor que funcione a más de  $1 \text{ kg/cm}^2$ , y con desplazamiento superior a  $1,5 \text{ m}^3$  por minuto, ha de estar protegido por una válvula de seguridad o disco de rotura, en su descarga antes de

cualquier válvula de paso o maniobra.

Las bombas volumétricas de todo circuito frigorífico se protegerán en su descarga de forma análoga a la indicada en el número anterior.

Los recipientes a presión que formen parte de una instalación frigorífica estarán protegidos con dos válvulas de seguridad en paralelo, conectadas a una válvula de cierre de tres vías, de tal tipo que no puedan seccionarse las dos válvulas de seguridad simultáneamente. Podrán utilizarse análogamente discos de rotura.

La toma o conexión de las válvulas de seguridad se efectuaran siempre en una parte del elemento protegido que no pueda ser alcanzada por el nivel de líquido refrigerante.

Las válvulas de seguridad instaladas con carácter obligatorio, y sus conexiones, tendrán una capacidad de descarga tal que impidan una sobrepresión de un 10% sobre la presión de timbre. Esta condición tendrá que ser cumplida por cada una de las válvulas de seguridad consideradas independientemente.

La capacidad mínima de evacuación de la válvula de seguridad de un recipiente que contenga refrigerante líquido se determinara por la siguiente formula:

$$C=f \cdot D \cdot L$$

Siendo:

- C (kg/h): Capacidad de evacuación.
- f: factor adimensional de valor 145 para el amoniaco.
- D (m): diámetro exterior del recipiente.
- L (m): longitud del recipiente.

La capacidad de evacuación de aire de una válvula de seguridad que se expresara en kilogramos de aire por hora será medida a una presión no superior al 110% de su presión de tarado.

En los casos en que determinados recipientes a presión, que contengan, líquido refrigerante, requieran el uso de dos o más válvulas de seguridad en paralelo para alcanzar la capacidad de evacuación exigida, la batería de válvulas de seguridad en paralelo se considerara como una unidad y, por consiguiente, como un dispositivo único de seguridad.

Cuando una válvula de seguridad proteja a más de un recipiente a presión, su capacidad será la suma de las capacidades que correspondan a cada recipiente a presión.

#### **10. PRESIÓN DE TARADO DE LAS VALVULAS DE SEGURIDAD PRECINTADO.**

Las válvulas de seguridad no estarán taradas a presión superior a la del timbre ni a 1,2 veces de la de estanqueidad.

Las válvulas de seguridad dispondrán del reglamentario precinto como garantía de su correcto tarado. La instalación de tales precintos podrá realizarse por los fabricantes, instaladores, y conservadores-reparadores frigoristas autorizados. A tal efecto, los fabricantes, instaladores y conservadores-reparadores frigoristas autorizados deberán disponer de precintos propios, deberán llevar en el anverso las siglas de la provincia y el número de inscripción en el Registro Industrial, pudiendo hacer figurar otra marca



particular en el reverso del mismo.

### 11. DESCARGA DE LA VÁLVULAS DE SEGURIDAD.

Si la descarga de una válvula de seguridad se efectúa por el sector de baja presión del circuito, se instalara en dicha parte otra válvula de seguridad de tal forma que no existan válvulas de paso entre ambas.

Cuando la descarga de una válvula de seguridad tenga lugar el exterior del circuito de refrigerante, se efectuara al exterior en las condiciones indicadas, o en un tanque abierto con cubierta protectora, o ventilado, de altura no inferior que la mitad de su máxima dimensión en planta, lleno de agua a razón de ocho litros por kilogramo de carga de amoniaco como mínimo, con el tubo de descarga entrando por la parte alta, y descargando en el centro, cerca del fondo. El agua no podrá tener aditivos y estará preservada de su posible congelación.

La tubería de descarga será de la sección necesaria para que no se produzcan una sobrepresión tal que pueda anular la acción de la válvula, empleándose a estos efectos, la formula siguiente:

$$L = 0.0846 \frac{(P_t^2 \cdot d^5)}{c^2}$$

Siendo:

- L (m): longitud de descarga de la tubería.
- $P_t$ : presión de tarado.
- $d(m)$ : diámetro interior de la tubería.
- $C(\frac{kg}{m})$ : caudal de aire mínimo requerido en la descarga.

## **12. INSTALACIÓN DE VALVULAS DE SEGURIDAD.**

Las válvulas de seguridad y discos de rotura se instalarán sin válvulas de paso o seccionamiento, que puedan impedir su libre funcionamiento en cualquier circunstancia.

Las que protejan elementos distintos del compresor podrán, sin embargo, estar dotadas de válvulas de paso o seccionamiento antes de la toma o conexión, para permitir reparaciones y ajustes, bajo las siguientes condiciones:

- Que se sean de tipo doble, es decir, actuando simultáneamente en las condiciones de un par de válvulas en paralelo, de forma que solo una de ellas pueda quedar cerrada.
- Que sean de algún tipo expresamente aprobado para este fin por el ministerio de Industria y Energía, tal que resulten perfectamente visibles, aparentes y diferenciadas las posiciones de cierre y apertura con las pertinentes indicaciones para cada una de ellas.

## **13. INSTALACIÓN DE TAPONES FUSIBLES.**

La colocación de fusibles térmicos protectores contra sobrepresiones en caso de incendio se ajustará de forma análoga a lo indicado para las válvulas de seguridad, salvo que podrán estar en zona bañada por líquido refrigerante, y su temperatura de fusión será la tal que la correspondiente presión de saturación del refrigerante no exceda ni de la presión de timbre ni de 1,2 veces la presión de prueba de estanqueidad del elemento protegido. Los fusibles térmicos no se

colocaran en el sector de baja presión.

#### **14. LIMITADORES DE PRESIÓN (PREOSTATOS DE SEGURIDAD A ALTA PRESIÓN)**

En todos los equipos con más de 10 kg de carga de refrigerante, que trabajen por encima de la presión atmosférica, deberán instalarse limitadores de presión que, en forma automática, paren el o los compresores.

Asimismo, deberán instalarse limitadores de presión en todos los equipos a condensación por agua, o a condensación por aire, con ventilador no directamente acoplado al motor del compresor, de forma que este o el generador pueda producir una presión superior a la de timbre, con excepción de los equipos con refrigerantes del grupo primero y carga inferior a 1,5 kg.

El limitador de presión no estará tarado a presión superior al 90% de la de las válvulas de seguridad de alta.

La conexión del elemento sensible del limitador de presión deberá efectuarse en un punto del circuito de alta presión tal que no exista ninguna válvula de seccionamiento desde la descarga del compresor o generador.

#### **15. ESTANQUEIDAD DEL EQUIPO FRIGORÍFICO.**

Todos los elementos del equipo frigorífico, incluidos los indicadores de nivel de líquido, que forme parte del circuito deben ser probados, antes de la puesta en marcha de la instalación, a una presión igual o superior a la presión de trabajo, pero nunca inferior a la indicada en la siguiente

tabla, denominada presión mínima de prueba de estanqueidad, y según pertenezca al sector de la alta o baja presión del circuito, sin que se manifieste pérdida o escape alguno de fluido en la prueba.

Número de identificación	Nombre químico	Sector, alta	Sector, baja
R-717	amoniaco	21	10.5

Tabla 1. Características amoniaco

La prueba se efectuara una vez terminada la instalación en su emplazamiento, y es independiente de las que prescribe el vigente Reglamento de Aparatos a Presión. Se exceptuaran de ellas los compresores, absolvedores, condensadores, y evaporadores que ya hayan sido previamente probados en fábricas, así como los elementos de seguridad, manómetros y dispositivos de control.

Para los equipos compactos, semicompactos y de absorción herméticos, esta prueba de estanqueidad se efectuara en fábrica. Si se tratase de equipos a importar, esta prueba justificara mediante certificación de una Entidad reconocida oficialmente en el país de origen legalizada por el representante español en aquel país.

La prueba de estanqueidad se efectuara con un gas adecuado, sin presencia de gases o mezclas combustibles en el interior del circuito, al que se añadirá, en los casos en que sea posible, un aditivo que facilite la detección de la fuga. Este no ha de ser inflamable ni explosivo, debiendo evitarse las mezclas de aceite-aire.

El dispositivo utilizado para elevar la presión del circuito deberá estar provisto de manómetro a la salida y tener válvula de seguridad o limitador de presión.

Estas pruebas de estanqueidad se realizaran bajo la responsabilidad

del instalador frigorista autorizado y, en su caso, del técnico competente director de la instalación, quienes una vez realizadas satisfactoriamente, extenderán el correspondiente certificado, que se unirá al dictamen establecido en el capítulo VII del Reglamento de Seguridad para Plantas e instalaciones Frigoríficas y en la instrucción MÍ-IF 014.

La Delegación provincial del Ministerio de Industria y Energía podrá asistir a la realización de las mismas o efectuarlas, si así lo juzga conveniente, al realizar la inspección exigida en el capítulo anteriormente mencionado, y exigirá la certificación de la prueba de estanqueidad, realizada en fabrica, de los equipos compactos, semicompactos y de absorción herméticos, cuando los haya.

## **16. DETECTOR DE FUGAS**

Toda instalación frigorífica que emplee un refrigerante del grupo 2, deberá disponer de un detector de fugas, instalado en la zona donde exista la máxima carga de fluido frigorífero, y avisando de manera visible y audible de la existencia de una posible fuga de refrigerante.

# **SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y ELÉCTRICO**

## **1. SISTEMA DE ILUMINACIÓN.**

Con dicho sistema pretenderemos dotar a la planta del grado de iluminación necesario para este tipo de instalación. El nivel de iluminación aconsejado es de unos 50 lux. La zona principal de iluminación será la correspondiente al exterior de los tanques, que se

encuentre dentro del cubeto de retención. De esta forma, la superficie a iluminar, como base de cálculo es de 5000 m<sup>2</sup>.

Por su coste moderado y bajo nivel de mantenimiento, se han elegido lámparas de descarga de 400 W y 30000 lúmenes conectadas a una tensión de 220 V. El número de lámparas, tal como se indica en la memoria de cálculo, está estimado en 20, colocadas de dos en dos proyectores que, a su vez, irán colocados en 10 postes troncocónicos de 12 m de altura y de acero galvanizado, con un espesor de unos 3mm, equidistantes y repartidos a lo largo del perímetro del cubeto.

## **2. SISTEMA ELÉCTRICO.**

El sistema eléctrico pretende cubrir los requerimientos siguientes:

- Un sistema de iluminación
- Una bomba para suministro de tanques
- Una bomba para derrames
- Una bomba para arqueta de pluviales

El cálculo de la instalación se he efectuado, como viene indicado en la memoria de cálculo, siguiendo el método de la caída de tensión máxima admisible según el reglamento electrotécnico de baja tensión. Más concretamente, la norma MIE BT-016 indica que la tensión máxima admisible será del 3% la tensión nominal en instalaciones de alumbrado y del 5% para instalaciones de fuerza.

Tanto las secciones de los hilos conductores de los tubos que servirán para alojar los nombrados hilos han sido calculados siguiendo el reglamento antes mencionado.

- Alumbrado:

- Línea general
- Postes
- Bombas:
  - Arqueta

### **3. PUESTA A TIERRA DE LOS TANQUES**

Siguiendo la norma MIE BT-039 del reglamento electrotécnico de baja tensión se usaran como electrodos, picas de acero recubiertas de cobre con 25 mm de diámetro, enterrados verticalmente.

La resistencia a tierra será tal que en cualquier momento no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a 50V.

En nuestro caso la resistencia de la pica es de  $60\Omega$ .

La conexión de la pica con el tanque será efectuada con conductores de  $16 \text{ mm}^2$  según recoge la normativa anteriormente expuesta.

## PROYECTO FIN DE CARRERA

PARQUE DE ALMACENAMIENTO DE AMONIACO ANHIDRO

MEMORIA DESCRIPTIVA

---