

**UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA**  
**ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE ENXEÑARÍA**



**TRABAJO FIN DE GRADO**

- Grado en Ingeniería Química -

**PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ACRILONITRILO**

Andrea Fernández Vega

Julio 2016

## ÍNDICE GENERAL

- Documento I. Memoria
  - ❖ Anexo I. Balances de materia y energía
  - ❖ Anexo II. Cálculos justificativos
  - ❖ Anexo III. Fichas de seguridad
- Documento II. Planos
- Documento III. Pliego de condiciones
- Documento IV. Presupuesto
- Documento V. Estudios con entidad propia

# **DOCUMENTO I**

Memoria

## ÍNDICE

1. OBJETO.....	5
2. JUSTIFICACIÓN .....	6
3. INTRODUCCIÓN .....	7
3.1. Historia.....	7
3.2. Características y propiedades.....	7
3.2.1. Características generales .....	8
3.2.2. Propiedades físicas .....	8
3.2.3. Propiedades químicas.....	9
3.2.4. Propiedades termodinámicas.....	10
3.3. Aplicaciones del acrilonitrilo .....	10
3.4. Análisis de mercado .....	12
3.4.1. Evolución del mercado .....	13
3.4.2. Proyección del precio del acrilonitrilo .....	15
3.4.3. Diversificación de los subproductos .....	16
4. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO .....	18
5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN.....	21
5.1. Primera preparación de acrilonitrilo.....	21
5.2. Producción de acrilonitrilo a partir de cianohidrina de etileno .....	21
5.3. Producción de acrilonitrilo a partir de acetileno y ácido cianhídrico.....	21
5.4. Otras rutas de producción de acrilonitrilo .....	22
5.5. Proceso Sohio.....	22
5.6. Procesos futuros .....	23
6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	25
6.1. Capacidad del proceso.....	25
6.2. Materias primas .....	25
6.2.1. Amoníaco .....	25
6.2.2. Propileno .....	26
6.2.3. Aire.....	27
6.3. Productos.....	28
6.3.1. Acrilonitrilo.....	28
6.4. Subproductos.....	28
6.4.1. Acetonitrilo .....	28
6.4.2. Ácido cianhídrico .....	29

6.4.3. Sulfato amónico .....	30
6.5. Química del proceso.....	31
6.6. Servicios auxiliares .....	32
6.6.1. Electricidad .....	32
6.6.2. Vapor de calefacción.....	32
6.6.3. Agua de refrigeración.....	32
6.6.4. Agua para uso general .....	32
6.6.5. Gas natural .....	33
6.6.6. Aire comprimido .....	33
6.6.7. Gases inertes.....	33
6.7. Descripción detallada del proceso.....	33
6.7.1. Acondicionamiento de las materias primas.....	33
6.7.2. Sección de reacción.....	34
6.7.3. Sección de recuperación.....	34
6.7.4. Sección de purificación .....	35
7. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN .....	36
7.1. Zonas de la implantación .....	36
7.1.1. Zona de producción.....	36
7.1.2. Zona de servicios auxiliares .....	36
7.1.3. Zona de laboratorios, oficinas, vestuarios y sala de control.....	36
7.1.4. Zona de aparcamiento .....	36
7.2. Equipos diseñados.....	38
7.2.1. Intercambiador de calor E-101 .....	38
7.2.2. Intercambiador de calor E-102.....	39
7.2.3. Intercambiador de calor E-103.....	39
7.2.4. Reactores R-101 y R-102 .....	40
7.2.5. Columna de absorción T-201 .....	41
8. CONTROL E INSTRUMENTACIÓN .....	42
8.1. Introducción .....	42
8.2. Objetivos .....	42
8.3. Instrumentación.....	43
8.3.1. Indicadores de caudal .....	43
8.3.2. Indicadores de presión.....	43
8.3.3. Indicadores de temperatura .....	43

8.3.4. Indicadores de nivel .....	43
8.4. Control .....	44
8.4.1. Lazos de control .....	45
8.5. Elementos de seguridad.....	49
8.5.1. Alarmas .....	49
8.5.2. Válvulas de seguridad .....	50
9. NORMAS, LEGISLACIÓN Y CÓDIGOS DE DISEÑO.....	51
9.1. Normas .....	51
9.1.1. Normas de construcción.....	51
9.1.2. Normas de electricidad.....	51
9.1.3 Normas de seguridad y salud .....	51
9.2 Legislación.....	52
9.2.1 Referente a construcción.....	52
9.2.2 Referente a electricidad.....	52
9.2.3 Referente a seguridad e higiene .....	52
9.2.4 Referente al medio ambiente.....	54
9.3 Códigos de diseño .....	56
9.3.1 Códigos generales .....	56
10. SEGURIDAD EN EL DISEÑO Y EN LA OPERACIÓN .....	57
10.1. Introducción .....	57
10.2. Inventario de sustancias .....	57
10.3. Clasificación de las sustancias según la Directiva Seveso .....	61
10.4. Clasificación NFPA de las sustancias .....	63
10.5. Identificación y análisis de riesgos .....	64
10.6. Medidas de seguridad.....	66
10.6.1. Seguridad en el diseño .....	66
10.6.2. Seguridad en la operación .....	67
10.6.3. Seguridad en el mantenimiento.....	67
10.7. Distancias de seguridad.....	68
11. BIBLIOGRAFÍA .....	70

## **1. OBJETO**

El presente proyecto tiene por objetivo el diseño de una planta de producción de acrilonitrilo a partir de amoníaco y propileno mediante el proceso Sohio. La planta se ha diseñado para una capacidad producción de 30.000 toneladas/año mediante un régimen de operación continua de 330 días/año. Se lleva a cabo un estudio de la viabilidad técnica y económica de la planta, así como el diseño de algunas de las unidades que la componen, con sus correspondientes cálculos. Todo ello teniendo en cuenta la normativa y legislación vigentes.

Además, con la realización de este trabajo la alumna Andrea Fernández Vega opta al título de Graduado en Ingeniería Química por la Universidad de Santiago de Compostela.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Para la elección del tema del presente trabajo, se han tenido en cuenta diferentes aspectos. Por una parte, la utilidad del producto, en este caso el acrilonitrilo, que resulta ser un importante intermediario en la industria de las fibras, más en concreto de las fibras acrílicas destinadas al mercado textil. Además, en el proceso productivo se obtienen subproductos como el acetonitrilo o el ácido cianhídrico los cuales también tienen un valor y utilidad de interés. Por otra parte, por tratarse de un trabajo individual, se ha adecuado el contenido de diseño, centrándose en la parte de reacción y absorción.

Se realiza un estudio de alternativas de producción siendo seleccionado el proceso Sohio, tratándose del más comúnmente industrializado. La fabricación del acrilonitrilo por amoxidación de propileno es muy competitiva debido al alto rendimiento alcanzado, en parte, gracias al desarrollo de catalizadores modernos a base de óxidos de molibdeno o antimonio que consiguen que la conversión del propileno sea elevada.

### 3. INTRODUCCIÓN

#### 3.1. Historia

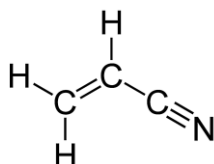
El acrilonitrilo fue sintetizado por primera vez en 1893, por Charles Mouerau. Este químico francés consiguió sintetizar el acrilonitrilo juntamente con otros compuestos, por deshidratación de la acrilamida o de la cianohidrina de etileno con un pentaóxido de fósforo. Sin embargo, este compuesto no tenía una utilidad importante hasta 1930, cuando la industria comenzó a utilizar este producto en nuevas aplicaciones tales como: fibras acrílicas para la industria textil y la producción de caucho sintético.

A finales de los años 40, la utilidad del acrilonitrilo fue cuestionada, debido a que los métodos de manufactura suponían grandes costes. Así, el proceso era llevado a cabo por las empresas más punteras del mundo (*American Cyanamid, Union Carbide, Dupont y Monsanto*). Es por esto que el acrilonitrilo podría haber quedado como un producto de química fina con aplicaciones muy limitadas. No obstante, a finales de los años 50, la investigación llevada a cabo por *Sohio* en la oxidación catalítica selectiva, supuso un gran avance en la fabricación de acrilonitrilo. Como resultado se redujeron los costes de producción con respecto otros procesos de producción de acrilonitrilo. Es por esto que actualmente se produce a escala industrial, casi en su totalidad, mediante el proceso *Sohio*. (1), (2).

#### 3.2. Características y propiedades

El acrilonitrilo, también conocido como propilenonitrilo, cianuro de vinilo o acrilón, es un monómero versátil y reactivo que puede ser polimerizado bajo una amplia variedad de condiciones. En la actualidad constituye uno de los compuestos más importantes a nivel mundial en el campo de la producción química industrial. Esta situación se debe al interés creciente del empleo del acrilonitrilo como intermediario en química de polímeros, resinas y elastómeros.

El acrilonitrilo es un compuesto químico de carácter orgánico, presente generalmente como líquido incoloro, relativamente volátil y de olor intenso. Se trata de un producto sintético formado por una cadena carbonada insaturada que tiene un doble enlace carbono-carbono conjugado con un grupo nitrilo, como se muestra en la figura 1. (3)



**Figura 1.** Estructura de la molécula de acrilonitrilo

Además, se trata de un compuesto explosivo y altamente inflamable. Los productos de combustión incluyen dióxido de carbono, vapor de agua, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono. Por otra parte, no tiene ningún efecto corrosivo sobre los metales.

A continuación se exponen sus propiedades y características principales que son claves para el diseño tanto del proceso de producción del producto como para el diseño de los equipos (1), (3).

### 3.2.1. Características generales

**Tabla 1.** Características generales del acrilonitrilo

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<b>Nomenclatura IUPAC</b>	2-propenonitrilo
<b>Fórmula molecular</b>	$C_3H_3N$
<b>Número CAS</b>	107-13-1
<b>Estado</b>	Líquido
<b>Color</b>	Incoloro
<b>Olor</b>	Acre

### 3.2.2. Propiedades físicas

Las propiedades físicas de mayor interés son:

**Tabla 2.** Propiedades físicas del acrilonitrilo

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
<b>Peso molecular</b>	53,06
<b>Punto de ebullición, °C</b>	77,3
<b>Punto de fusión, °C</b>	-83,55
<b>Densidad del líquido, 20 °C, kg/m<sup>3</sup></b>	806,0
<b>Densidad del líquido, 25 °C, kg/m<sup>3</sup></b>	800,4
<b>Densidad relativa del vapor, aire=1</b>	1,83
<b>Constante dieléctrica, 33.5 MHz</b>	38
<b>Índice de refracción, <math>n_D^{25}</math></b>	1,389
<b>Viscosidad cinemática, 25°C, mPa·s</b>	0,34
<b>Tensión superficial, 25 °C, mN/m</b>	26,63
<b>Temperatura crítica, °C</b>	246,0
<b>Presión crítica, kPa</b>	$3.54 \cdot 10^3$
<b>Volumen crítico, cm<sup>3</sup>/g</b>	3,798
<b>Conductividad térmica, W/(m·K)</b>	0,0113

Como se trata de un líquido parcialmente soluble en agua, a continuación se muestran los datos de la solubilidad del mismo (1):

**Tabla 3.** Solubilidad del acrilonitrilo en agua y del agua en acrilonitrilo

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>AN en agua (g/100g dis)</b>	<b>Agua en AN (g/100gdis)</b>
0	7,15	2,10
10	7,17	2,55
20	7,30	3,08
30	7,51	3,82
40	7,90	4,85
50	8,41	6,15
60	9,10	7,65
70	9,90	9,21
80	11,10	10,95

Por otra parte, en los disolventes orgánicos más comunes como acetona, benceno, tetracloruro de carbono, acetato de etilo, tolueno, metanol, etc., el acrilonitrilo es completamente soluble formando azeótropos a presión atmosférica con alguno de ellos (1):

**Tabla 4.** Azeótropos del acrilonitrilo

<b>Azeótropo</b>	<b>Punto de ebullición, °C</b>	<b>Conc. AC, % en masa</b>
<b>Agua</b>	71,0	88
<b>Benceno</b>	73,3	47
<b>Tetracloruro de C</b>	66,2	21
<b>Metanol</b>	61,4	39
<b>Alcohol isopropílico</b>	71,7	56
<b>Tetraclorosilano</b>	51,2	89
<b>Clorotrimetilsilano</b>	57,0	7

### 3.2.3. Propiedades químicas

El acrilonitrilo es un compuesto muy reactivo debido a la activación de su doble enlace y la conjugación con el grupo polar nitrilo.

Puede sufrir polimerización espontánea y exotérmica por lo que debe ser inhibida durante el transporte y almacenamiento. La homo-polimerización y co-polimerización del acrilonitrilo tiene lugar rápidamente en presencia de fuentes de radicales libres como peróxidos, iniciadores aniónicos, o por exposición a la luz visible. La reacción implica transferencias de carga entre varios monómeros y puede tener lugar en distintas fases. Esto engloba numerosas posibilidades industriales con la necesidad de un control exhaustivo sobre el compuesto.

Otras reacciones del doble enlace incluyen la hidrogenación, cianoetilación, hidromerización e hidroformilación. Por otra parte, las reacciones más importantes del grupo nitrilo son la hidrólisis y la alcoholólisis. El acrilonitrilo puede ser hidrolizado parcialmente a acrilamida o completamente a ácido acrílico, dependiendo de la concentración del ácido usado. Durante años, la obtención de acrilamida tenía lugar en presencia de ácido sulfúrico. Sin embargo, tras numerosas mejoras en el proceso, el acrilonitrilo puede ser convertido directamente en acrilamida utilizando catalizadores en base de cobre. Esto ha supuesto una mejora en la economía de los productos ya que la alta reactividad del grupo dificultaba la selectividad del proceso. Los ésteres del ácido acrílico se forman durante la alcoholólisis catalizada del acrilonitrilo con alcoholes primarios en presencia de ácido sulfúrico. Esta reacción ha sido comercializada para producir acrilato de metilo. Otras reacciones sulfúricas catalizadas del acrilonitrilo incluyen aquellas con oleofinas o alcoholes terciarios para obtener acrilamidas N-sustituidas o con formaldehído para formar N,N'-metilendisacrilamida o 1,3,5-triacrilhexahidro-s-triazina (1).

### 3.2.4. Propiedades termodinámicas

Tabla 5. Propiedades termodinámicas del acrilonitrilo

Propiedad	Valor
Punto flash, °C	-5
Temperatura de autoignición, °C	481
Límites de explosividad, aire 25°C, %vol	3,05-17
Calor de combustión, líq 25 °C, kJ/mol	-1761,89
Calor de evaporación, 25 °C, kJ/mol	32,65
Calor de polimerización, kJ/mol	-72,4
Calor específico, líq 25 °C, kJ/(kg·K)	2.09
Calor específico, gas 50 °C, kJ/(kg·K)	1,204
Entalpía de formación $\Delta H^0_f$ , gas 25°C, kJ/mol	184,93
Entalpía de formación $\Delta H^0_f$ , liq 25°C, kJ/mol	150,21
Energía libre de formación $\Delta G^0_f$ , gas 25°C, kJ/mol	195,31

### 3.3. Aplicaciones del acrilonitrilo

El acrilonitrilo, como se comentó, es susceptible de dar lugar a un amplio rango de reacciones gracias a sus dos partes químicamente activas: el grupo nitrilo y el doble enlace carbono-carbono.

Debido a sus propiedades químicas y reactividad, resulta ser un importante intermedio en la industria de las fibras, más en concreto de las fibras acrílicas destinadas al mercado textil. Las fibras acrílicas tienen buena tenacidad, son estables a la radiación solar, aceptan bien el tinte y tienen textura agradable. Además, tienen buena resistencia a la abrasión aunque por debajo de la del *nylon* o el poliéster. Este tipo de fibras se usan

para tejidos tanto de interior como de exterior incluyendo toldos, cortinas, alfombras, mantas, etc.

Además, tiene otras utilidades como la producción de resinas ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno), SAN (estireno-acrilonitrilo), copolímeros NB y otras fibras sintéticas. Las resinas ABS se caracterizan por su resistencia química y mecánica y su aplicación abarca diversos campos como la construcción, la automoción, la industria electrónica, etc. Por otra parte, las resinas SAN, debido a su elevada transparencia, se utilizan principalmente como sustituto del cristal en vasos, paneles instrumentales de automóviles y lentes.

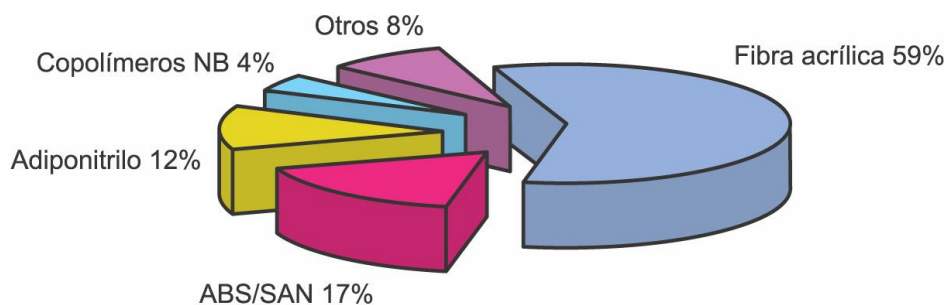
Otra vía de explotación se centra en la dimerización del presente compuesto para la obtención de adiponitrilo, destinado a la síntesis de ciertas poliamidas, como el *nylon*. Así, se considera que el adiponitrilo es el precursor para la hexametildiamina (HMDA).

Como se ha visto, la hidrólisis de acrilonitrilo da lugar a la acrilamida utilizando cobre como catalizador. Tras la polimerización, constituye la poliacrilamida utilizada como aditivo en las industrias de pasta y papel, como floculantes en la separación de sólidos para la industria de aguas residuales, y en procesos de recuperación de aceites.

En cuanto a los cauchos de nitrilo, que consisten en copolímeros de butadieno-acrilonitrilo, en un primer momento, acapararon gran relevancia a nivel industrial debido a su resistencia a disolventes orgánicos y a amplios intervalos de temperaturas. Su fabricación estaba destinada a la obtención de equipamiento y material de sellado industrial, aunque actualmente han perdido gran parte de su aplicación.

Otras aplicaciones para el acrilonitrilo incluyen las fibras de carbono producidas mediante pirolisis de fibras orientadas de poliacrilonitrilo, que se usan para reforzar composites; producción de compuestos químicos para la agricultura y medicamentos; y otros usos menores como la producción de resinas de intercambio iónico y amino amidas utilizadas en cosméticos, pegamentos e inhibidores de la corrosión.

En la figura 2 se muestra la distribución del destino del acrilonitrilo a nivel industrial. Los usos que tiene en Europa reflejan de forma general los que tiene en otras partes del mundo (1), (4), (5).



**Figura 2.** Usos industriales del acrilonitrilo en Europa

### 3.4. Análisis de mercado

#### 3.4.1. Antecedentes

Como ya se dijo, el acrilonitrilo fue preparado por primera vez en 1893 pero no tuvo aplicaciones técnicas hasta el año 1930. No obstante, por aquel entonces los procesos de obtención se basaban principalmente en la síntesis a partir de acetileno y se trataban de procesos multietapa y de alto coste. Fue en los años 50 cuando la fabricación del acrilonitrilo comenzó a cobrar importancia a nivel industrial tras las investigaciones llevadas a cabo por *Sohio* en pleno apogeo de la catálisis heterogénea. En este momento, el interés del acrilonitrilo creció de forma exponencial debido a la demanda de las fibras acrílicas y las resinas ABS y SAN principalmente.

Como se puede observar en la tabla 6, ya en el año 1981, las aplicaciones del acrilonitrilo eran muy variadas y se requerían grandes capacidades de producción (1).

**Tabla 6.** Usos del acrilonitrilo en 1981 (miles de toneladas)

	Estados Unidos	Japón	República Federal de Alemania	Italia	Gran Bretaña	Francia
<b>Fibras acrílicas</b>	315	356	216	209	104	74
<b>Resinas</b>						
<b>ABS/SAN</b>	104	89	22	12	13	9
<b>Adiponitrilo</b>	98	27	-	-	-	-
<b>Acrilamida</b>	28	28	-	-	-	-
<b>Caucho de nitrilo</b>	23	15	12	4	2	8
<b>Otros</b>	30	10	12	3	76	3
<b>Total</b>	598	525	262	228	195	94

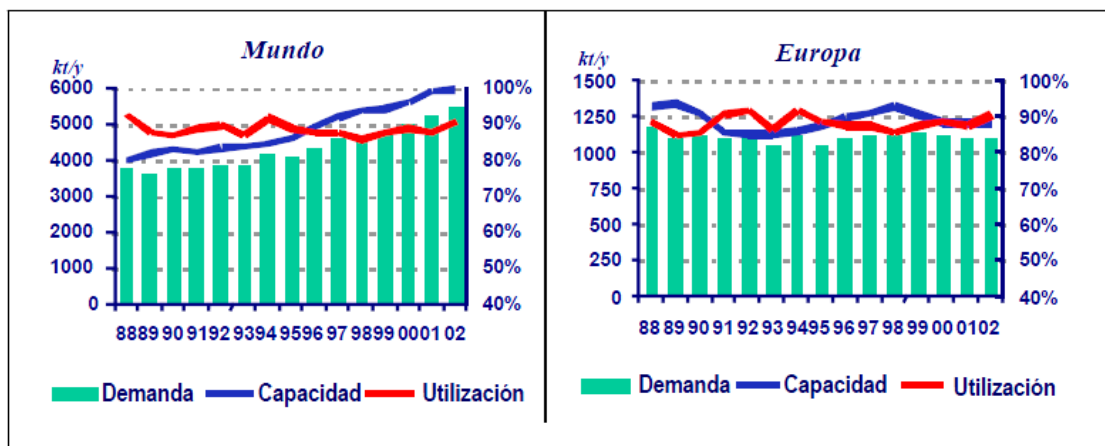
En aquella época, Europa, Estados Unidos y Japón eran las principales potencias productoras.

**Tabla 7.** Oferta y demanda de acrilonitrilo en 1981 (miles de toneladas)

	Capacidad anual	Producción	Importaciones	Exportaciones	Consumo
Estados Unidos	1131	906	-	291	598
Japón	733	477	71	40	5151
República Federal de Alemania	370	250	37	26	262
Gran Bretaña	395	225	45	75	195
Italia	230	119	97	-	228
<b>España</b>	75	59	44	-	100
Brasil	60	57	-	35	24
Francia	90	56	53	16	94
Méjico	74	54	20	-	72
Corea del Sur	77	52	76	-	159
Taiwan	132	103	-	9	93

### 3.4.1. Evolución del mercado

Desde 1988 a 1993, la capacidad de producción media en Europa se redujo un 3 % anual, pero durante los siguientes cinco años la situación ha mejorado, con un crecimiento del 3 % anual. Esto significa que Europa ha mostrado un crecimiento cero durante los años 1988-1998, aunque el crecimiento medio de la capacidad de producción mundial ha sido del 3 % anual durante esos años. La demanda europea de acrilonitrilo en 1988 fue de 1126 kt/año, disminuyendo en un 0,5 % anual en Europa en diez años, mientras que mundialmente ha aumentado en un 2,1 % anual en el mismo periodo. Estas tendencias se muestran en la figura 3 (4).



**Figura 3.** Demanda y capacidad de producción del acrilonitrilo en el mundo y en Europa

Como se ha introducido, en las últimas décadas el acrilonitrilo ha experimentado una creciente demanda a nivel industrial, ligada a la burbuja tecnológica y al desarrollo económico favorable de los principales países consumidores. En los años previos a la

crisis económica mundial, esta tendencia se mantuvo, alcanzando en 2007 máximos históricos en cuanto a producción de acrilonitrilo.

En la figura 4 se muestra cuáles eran los principales países importadores y exportadores del producto en el año 2008.

Principales países importadores de: Acrilonitrilo		
	Importe de las importaciones	Evolución de las importaciones
1 - China	551 M USD	-23,8 %
2 - Tailandia	256 M USD	20,6 %
3 - Países Bajos	167 M USD	26,5 %
4 - Francia	163 M USD	11,3 %
5 - Alemania	159 M USD	-15,2 %

Principales países exportadores de: Acrilonitrilo		
	Monto de las exportaciones	Evolución de las exportaciones
1 - Estados Unidos	518 M USD	-36,4 %
2 - Países Bajos	322 M USD	6,0 %
3 - Corea del Sur	311 M USD	3,0 %

**Figura 4.** Principales países importadores y exportadores de acrilonitrilo en el año 2008

Tras la recesión económica, el mercado ha tenido que ir recuperándose de la caída en la demanda. Gracias al crecimiento de los países emergentes como India y China, la demanda del acrilonitrilo ha vuelto a aumentar debido, principalmente, a la producción de resinas ABS y SAN, ya que la demanda de la fibra acrílica permanece estable o ligeramente en declive debido a la fuerte competencia por parte de otras fibras sintéticas. No obstante, sólo se espera un crecimiento del 1-2% anual. Asia, además de ser el mayor demandante, se convierte en el mayor productor de acrilonitrilo. En el resto del mundo, sobresalen los mercados norteamericano y de Europa occidental y Japón, quedando la demanda y producción del resto de mercados en un segundo plano.

Debido a la recesión de producción, la diferencia de producción con la capacidad instalada se había incrementado. Sin embargo, se ha ido equilibrando debido al cierre de plantas provocado por la falta de demanda y los crecientes costes de materias primas. Así, en vistas a una posible incorporación a este mercado, surge la necesidad de mejorar y optimizar el proceso de producción.

Según la consultora con sede en Reino Unido *Tecnon OrbiChem*, la capacidad mundial sigue la tendencia mostrada en la figura 5.

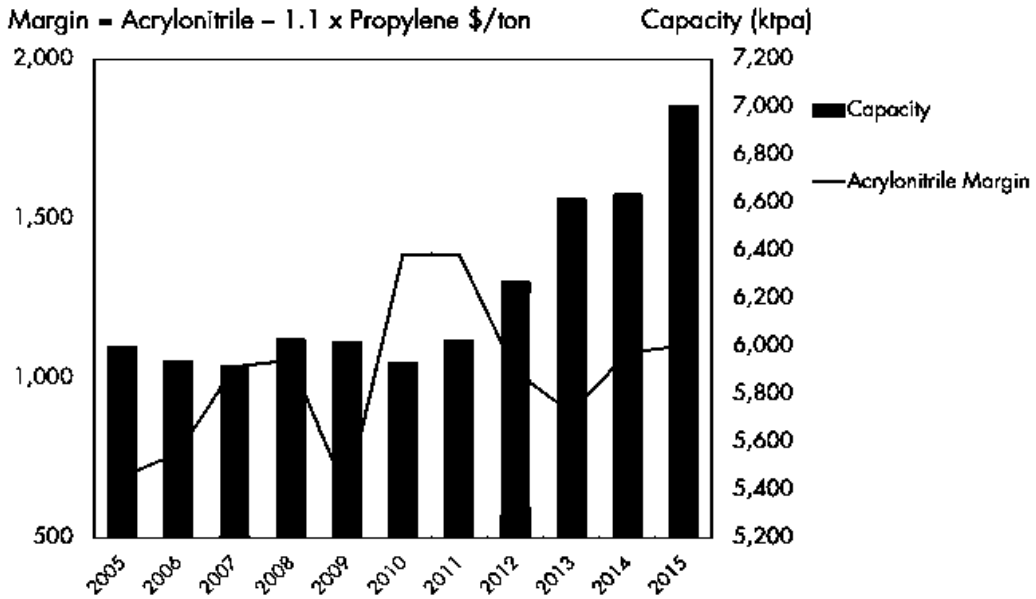


Figura 5. Rendimiento del acrilonitrilo según Tecnon OrbiChem

A día de hoy, no se dispone de los datos suficientes para determinar los parámetros que condicionan el mercado pero en la figura 6 se muestra la predicción de una posible tendencia.

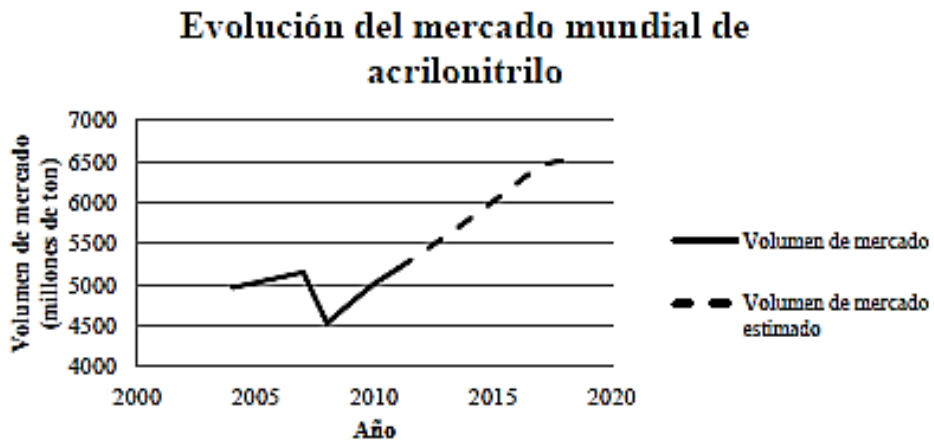


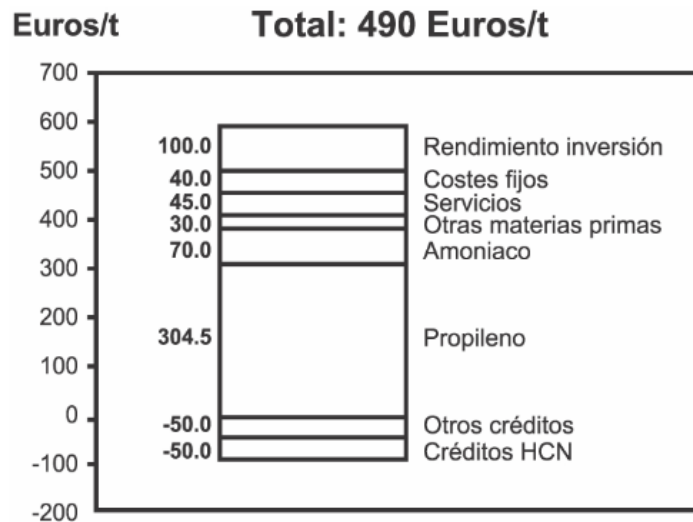
Figura 6. Tendencia de la posible evolución del mercado mundial del acrilonitrilo

(5), (6), (7).

### 3.4.2. Proyección del precio del acrilonitrilo

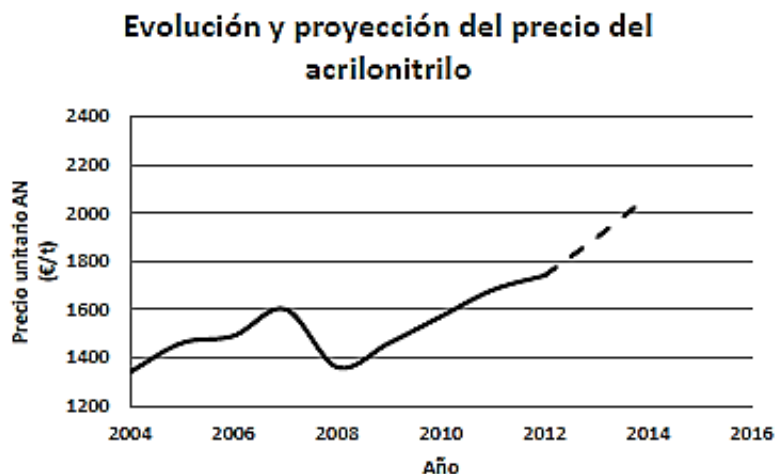
El precio del producto está asociado a la ley de la oferta y la demanda, ya que éste se adapta al consumo según la estabilidad del mercado.

De forma orientativa, los precios de mercado del acrilonitrilo en 1998 se situaron entre 286 y 543 euros/t. La figura 7 muestra los costes de producción de una planta de acrilonitrilo típica (4).



**Figura 7.** Costes de producción típicos de acrilonitrilo en 1998

La disminución de la demanda previamente mencionada, trajo como consecuencia una caída de los precios del acrilonitrilo. Posteriormente, tras la recuperación del mercado, se observa una tendencia creciente del precio como se muestra en la figura 8.



**Figura 8.** Tendencia de la evolución de los precios del acrilonitrilo

### 3.4.3. Diversificación de los subproductos

Se ha de tener en cuenta que en el proceso Sohio para la producción de acrilonitrilo, se obtienen también otros subproductos valiosos como es el caso del acetonitrilo, cianuro de hidrógeno o el sulfato amónico.

El acetonitrilo de alta pureza se considera un producto de alto valor añadido que se utiliza principalmente como disolvente en la purificación del butadieno. El acetonitrilo obtenido tras el proceso Sohio no tiene una pureza superior al 50% por lo que debe ser sometido a numerosas secuencias de purificación. El principal inconveniente es que

para llevarlas a cabo son necesario disolventes caros y condiciones severas de presión y temperatura en las columnas. Es por esto que se debe analizar si es rentable llevar a cabo la purificación en la propia planta o bien vender el subproducto impuro a empresas especializadas.

El cianuro de hidrógeno o ácido cianhídrico se considera un producto valorado por su amplia variedad de aplicaciones, se emplea en la fabricación de fibras sintéticas, en procesos metalúrgicos, en la producción de sales de cianuro, entre otras. Para obtener la pureza deseada se realiza una destilación simple, que es una purificación más sencilla que en el caso del acetonitrilo.

Finalmente, también se obtiene como subproducto el sulfato amónico procedente del *quench*. Este producto tiene especial interés para su uso agrícola como fertilizante. Su purificación podría llevarse a cabo en un cristalizador.

## 4. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La planta de producción de acrilonitrilo se situará en el Polígono Industrial de Vío en A Coruña. Este polígono se ha convertido en un área logística vinculada al puerto Langosteira tras un acuerdo entre la promotora, el ayuntamiento y la autoridad portuaria. Abarca una superficie aproximada de 853.765 metros cuadrados, de los cuales son de uso industrial 697.580.



**Figura 9.** Situación del Polígono Industrial de Vío

Limita al Oeste con la autovía AG-55 (A Coruña-Carballo) y al Este con el Polígono Industrial de Pocomaco. La implantación en un polígono industrial es favorable por la disponibilidad de servicios, acceso y localización.



**Figura 10.** Plano de instalaciones del polígono

Los servicios urbanísticos con los que cuenta el polígono son los siguientes:

- Aceras y acceso rodado
- Abastecimiento de agua
- Red de saneamiento
- Suministro eléctrico
- Teléfono
- Alumbrado público
- Gas ciudad

La parcela seleccionada para la instalación de la planta cuenta con una superficie total de 13.500 metros cuadrados. Es situada en la zona centro del polígono, con acceso por tanto por la calle Vío como por la avenida Quinta que comunican con la autovía AC-14. Está previsto que exista otro acceso por la zona noroeste del polígono.



**Figura 11.** Parcela escogida

Para la elección de la ubicación es necesario evaluar ciertos factores importantes como las vías de comunicación existentes y la cercanía del suministro de materias primas. No se trata de un bien de consumo directo sino que se vende a otras plantas químicas como intermediario de otros productos. A nivel nacional apenas existen empresas consumidoras de acrilonitrilo por lo que su destino será la exportación lo cual requiere un buen sistema de comunicaciones.

En primer lugar, se trata de un polígono con buena conexión tanto terrestre, como ferroviaria o marítima. Se encuentra situado a 11 kilómetros del puerto exterior de A Coruña y en cuanto a la comunicación por carretera, destacan las vías:

## Documento I. Memoria

- AG-55: Autovía A Coruña-Carballo.
- AC-14: Autovía de Acceso a La Coruña que conecta la autovía A-6 con el centro de la ciudad.

Por otra parte, cabe destacar la cercanía a la refinería Repsol A Coruña ya que se trata del suministrador de la materia prima principal, el propileno, y se encuentra a tan solo 6 kilómetros del polígono (8), (9).

## 5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN

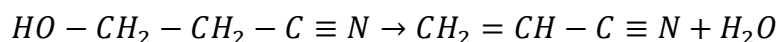
La producción de acrilonitrilo ha experimentado numerosos cambios, los principales procesos se exponen a continuación. A partir de 1960, el proceso Sohio fue implementado en las plantas químicas para la obtención del acrilonitrilo quedando obsoletos los demás procesos (1), (3), (10).

### 5.1. Primera preparación de acrilonitrilo

Como ya se introdujo, el químico francés *Moreau* desarrolla el primer proceso para la obtención de acrilonitrilo a nivel de laboratorio en el año 1893. Este primer procedimiento se basaba en la obtención de dicho producto a partir de la deshidratación de acrilamida en presencia de anhídrido fosfórico. El rendimiento obtenido era bajo y no fue hasta 1930, cuando comenzó el interés industrial de este producto.

### 5.2. Producción de acrilonitrilo a partir de cianohidrina de etileno

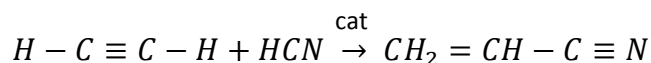
A principios de los años 40, Alemania y Estados Unidos comienzan a desarrollar los primeros procesos de obtención de acrilonitrilo a nivel industrial. Este proceso se basa en la deshidratación catalítica de la cianohidrina de etileno, producida en una base catalítica a 60°C a partir de óxido de etileno y ácido cianhídrico acuoso. Finalmente se producía una deshidratación del intermedio en fase líquida a 200°C en presencia de carbonato de magnesio y sales alcalinas de ácido fórmico, según la siguiente reacción:



La principal ventaja que presentaba este proceso era la escasa generación de impurezas, pero esto no contrarrestaba la baja competitividad económica. Debido a esto, las últimas plantas operativas bajo este proceso cerraron a mediados de la década de los 60.

### 5.3. Producción de acrilonitrilo a partir de acetileno y ácido cianhídrico

Antes del desarrollo del proceso de amoxidación del propeno y tras la decadencia del proceso inicial surge otro proceso para la obtención de acrilonitrilo que consistía en la adición catalítica de ácido cianhídrico al acetileno.



La reacción comercial se llevaba a cabo a 80 °C en presencia de cloruro de cobre y ácido clorhídrico. El acetileno no reaccionado se recirculaba y el rendimiento del proceso era bueno. Sin embargo, este proceso presentaba ciertos problemas como: el alto coste de las materias primas, la necesidad de una regeneración de catalizador frecuente y la presencia de impurezas no deseadas difíciles de retirar del proceso.

Empresas como *Du Pont*, *American Cyanamid* y *Monsanto* emplearon este proceso hasta, aproximadamente, 1970.

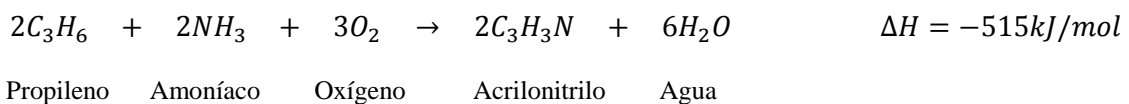
#### 5.4. Otras rutas de producción de acrilonitrilo

Existen procesos alternativos a los anteriores para producir acrilonitrilo, como la nitrificación del propileno, la amoxidación de propionaldehído, o la reacción del ácido cianhídrico y el acetaldehído. Sin embargo, ninguno de éstos ha conseguido ser aplicado a gran escala.

#### 5.5. Proceso Sohio

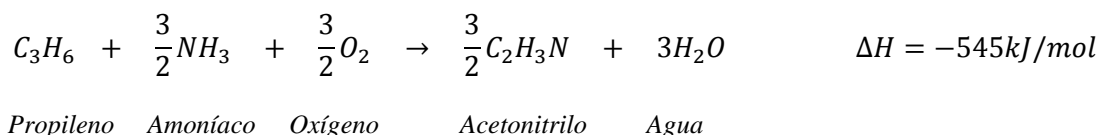
El proceso *Sohio* surge de la necesidad del desarrollo de un nuevo proceso para la preparación del acrilonitrilo debido a los problemas asociados a los procesos anteriormente explicados. Aunque los primeros pasos en la preparación de acrilonitrilo partiendo de propeno aparecen en la patente de *Allied Chemical and Dye Corporation* en 1947, no es hasta una década más tarde cuando *Standar Oil of Ohio*, actualmente conocida como BP América, desarrolla el primer catalizador comercial viable para este proceso. Actualmente, la mayor parte de la producción mundial de acrilonitrilo se lleva a cabo mediante la amoxidación de propileno.

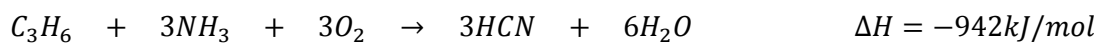
El proceso Sohio, consiste en la amoxidación del propileno. Estas materias primas, propileno, oxígeno proveniente del aire y amoníaco, se introducen en un reactor catalítico de lecho fluidizado que opera a temperaturas entre 400-500°C y a presiones de entre 30-200 KPa, y se produce la reacción de conversión directa a acrilonitrilo en presencia de un catalizador según la siguiente reacción:



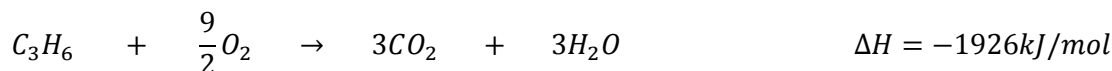
La reacción tiene lugar en fase gas y es altamente exotérmica. El amoníaco y el aire se alimentan al reactor en ligero exceso de las proporciones estequiométricas para evitar la proliferación de compuestos no nitrogenados y asegurar la regeneración del catalizador. Además, se caracteriza porque para tiempos de residencia en el reactor es de unos pocos segundos, el proceso es altamente selectivo, y no requiere una recirculación para producir una elevada conversión de producción a acrilonitrilo (entre el 0,8-0,9 kg de acrilonitrilo por cada kg de propileno).

No obstante, a parte de la reacción principal tienen lugar una serie de reacciones secundarias no deseadas:

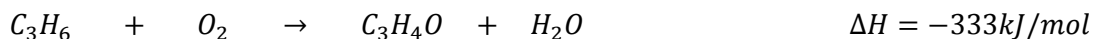




Propileno    Amoníaco    Oxígeno    Ácido cianhídrico    Agua



Propileno    Oxígeno    Dióxido de carbono    Agua



Propileno    Oxígeno    Acroleína    Agua

La recuperación de estos subproductos depende de factores tales como las condiciones del mercado, la ubicación de la planta, y los costes de energía.

Los catalizadores utilizados en las primeras plantas industriales basadas en el proceso *Sohio* eran una combinación de óxidos de bismuto y fosfomolibdeno. Desde entonces, la continua búsqueda de alternativas que mejorasen la selectividad y la eficiencia de la etapa de reacción, dio lugar a distintas propuestas de catalizadores que generalmente estaban compuestos de óxidos de metales. El catalizador utilizado debe reunir dos condiciones principales: tener propiedades redox y ser multifuncional ya que el mecanismo de amoxidación de propileno es complejo.

Las variaciones que se pueden llevar a cabo dentro del proceso *Sohio* abarcan, entre otras, las instalaciones de recuperación de los subproductos como el acetonitrilo, el ácido cianhídrico o el sulfato amónico, así como las variaciones en cuanto al catalizador y las condiciones de operación del reactor.

Algunas de las ventajas del proceso *Sohio* sobre otras rutas son que se evitan las problemáticas derivadas del acetileno y que los niveles de carbonilos insaturados e impurezas de nitrilo son extremadamente bajos. Además, todas las materias primas son abundantes, de bajo coste, y fácilmente transportables lo que facilita la elección de la localización de la planta. Por otra parte, no se producen efluentes de agua demasiado contaminados.

Debido a estas razones, y como ya fue comentado, el proceso *Sohio* es elegido como la ruta óptima para producir acrilonitrilo y es el más ampliamente utilizado en la industria.

## 5.6. Procesos futuros

Numerosas empresas han estudiado posibles alternativas como precursoras del acrilonitrilo. Las principales vías de investigación buscaban la implementación de procesos basados en la utilización de una materia prima orgánica de menor coste que el propileno. El etileno, el propano y el butano reaccionan con el amoníaco a altas temperaturas (750-1000°C) para obtener acrilonitrilo. *Monsanto*, *Power Gas* e *ICI* han desarrollado un proceso de amoxidación catalítica de propano. El propano presenta una ventaja de coste sobre el propeno, aunque la diferencia de precio no es suficiente para producir un cambio en el proceso de producción. De todos modos, se ha continuado

investigando y mejorando esta nueva vía de fabricación y ya está siendo desarrollada por cierto número de productores. También se han obtenido a escala laboratorio elevadas conversiones de acrilonitrilo partiendo el etileno, el ácido cianhídrico, y oxígeno en presencia de un catalizador de paladio.

Fue el incremento del precio en la etapa previa a la crisis económica lo que impulsó la búsqueda de alternativas al propeno. Sin embargo, tras la estabilización de los precios en los mercados, el propileno sigue siendo la mejor alternativa y la más utilizada a día de hoy para la obtención de acrilonitrilo (1), (3), (5).

## 6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

### 6.1. Capacidad del proceso

La planta de producción de acrilonitrilo a partir de propileno está diseñada para la obtención de 30000 toneladas al año de acrilonitrilo, operando en régimen continuo durante 330 días al año y 24 horas al día. Los días restantes del año se dedican a las paradas programadas para labores de limpieza y mantenimiento de equipos, reposición del catalizador y revisiones correspondientes.

### 6.2. Materias primas

#### 6.2.1. Amoníaco

El amoníaco es un compuesto químico con fórmula molecular  $\text{NH}_3$  y se considera uno de los compuestos con mayor nivel de producción a escala mundial. A temperatura ambiente es un gas incoloro con olor característico y penetrante. En el ámbito doméstico se suministra en disolución acuosa, pero industrialmente se trata como gas. Se trata de un compuesto biodegradable y muy empleado en la industria de los fertilizantes y abono. Además, también es un elemento importante para la síntesis de fármacos, la obtención de plásticos y productos de limpieza, entre otros. Por su pH alcalino, es capaz de reaccionar con ácidos para producir sales de amonio. En el presente proyecto, el amoníaco no reaccionado será eliminado en el *quench* al añadir ácido sulfúrico para formar sulfato amónico.

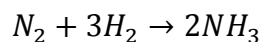
- **Propiedades físicas**

Tabla 8. Propiedades físicas del amoníaco

Propiedad	Valor
Punto de ebullición, °C	-33,3
Punto de fusión, °C	-77,7
Densidad relativa, agua=1, a -33.3°C	0,7
Densidad relativa de vapor, aire=1, a -33.3°C	0,59
Solubilidad en agua, g/ml, a 20°C	0,54
Presión de vapor, kPa, a 26°C	1013
Temperatura de autoignición, °C	651
Límites de explosividad, a 100°C % volumen en aire	15-28

- **Obtención**

El proceso más importante para la obtención del amoníaco a nivel industrial es el método Haber, en el que esta sustancia se obtiene a partir de sus elementos (nitrógeno e hidrógeno)



$$\Delta H = -11kcal/mol$$

Este proceso constituye un equilibrio químico al que industrialmente se le exigen unas condiciones de máximo rendimiento y máxima velocidad, de forma que resulte económicamente rentable.

### 6.2.2. Propileno

El propileno o propeno es un hidrocarburo de fórmula molecular  $C_3H_6$ , que pertenece al grupo de los alquenos. A temperatura y presión ambiente, se trata de un gas incoloro e inodoro. Entre las propiedades a destacar, se trata de un compuesto altamente reactivo debido a la presencia de la insaturación en su estructura. En cuanto a sus aplicaciones, este compuesto es el producto de partida para la síntesis del polipropileno y se utiliza para obtener fibras sintéticas. Además, fue el primer petroquímico utilizado a gran escala en la producción de isopropanol que puede ser posteriormente oxidado a acetona.

El propileno se obtiene como subproducto en las refinerías de petróleo, en concreto, es uno de los productos de la termólisis del petróleo y se separa de los demás productos por destilación a baja temperatura. En este caso, el propileno empleado procederá de la refinería Repsol de A Coruña.

La calidad requerida del propileno depende de su uso posterior. Los tres grados comerciales de propileno son:

- Grado refinería: con un contenido entre 50-70% de propeno, con concentraciones menores de propano y otros hidrocarburos. Se emplea para mejorar el octanaje de las gasolinas o en diferentes síntesis
- Grado químico: con un contenido mínimo en propileno del 95%. Se destina a la producción de compuestos derivados como el acrilonitrilo o el polipropileno.
- Grado polímero: propileno de alta pureza (>99%). El contenido mínimo en impurezas evita el envenenamiento de catalizadores y reacciones no deseadas. Se utiliza en la industria de los polímeros para la manufactura de óxidos de propileno y polipropileno.

- **Propiedades físicas**

**Tabla 9.** Propiedades físicas del propileno

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
<b>Punto de ebullición, °C</b>	-47,7
<b>Punto de fusión, °C</b>	-185,25
<b>Densidad del líquido, a 25°C, g/cm<sup>3</sup></b>	0,504
<b>Densidad del vapor, a 21.1°C, kg/m<sup>3</sup></b>	1,762
<b>Solubilidad en agua, vol/vol, a 20°C</b>	0,019
<b>Presión de vapor, kPa, a 21.1°C</b>	915,69
<b>Temperatura de autoignición, °C</b>	458
<b>Límites de inflamabilidad en aire, % volumen</b>	2-11,1

- **Obtención**

La obtención del propileno se lleva a cabo principalmente como subproducto junto con el etileno y otras olefinas. Bien mediante procesos de craqueo con vapor de hidrocarburos, bien en procesos de refinería.

Uno de los métodos más utilizados para obtener el propileno es la destilación a partir de GLP (gas licuado de petróleo) con una proporción mayoritaria de componentes livianos.

### **6.2.3. Aire**

La materia prima se obtiene directamente del medio ambiente por aspiración de las soplantes instaladas para este fin. En cuanto a sus propiedades, tiene una densidad de 1,29 kg/m<sup>3</sup> (a 0°C y 1 atm) y el contenido medio anual en humedad relativa a temperatura y presión ambientales es del 74%. Se considera un contenido básico del 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno siendo el oxígeno el que reaccione en el reactor, mientras que el nitrógeno actúa como inerte.

Se incorpora directamente al proceso según la demanda por lo que no necesita ser almacenado y se somete a un tratamiento de clarificación para evitar la presencia de partículas y sólidos que dañan los equipos aguas abajo.

### **6.2.4. Otros: ácido sulfúrico**

El ácido sulfúrico se emplea en disolución acuosa en el apagador para tratar la corriente de proceso que proviene del reactor y así eliminar el amoníaco no reaccionado formando sulfato amónico.

## 6.3. Productos

### 6.3.1. Acrilonitrilo

El producto principal es el acrilonitrilo cuyas características, propiedades y aplicaciones principales se encuentran recogidas en los apartados 3.2 y 3.3 del presente proyecto.

Se obtendrán alrededor de 91 toneladas diarias de acrilonitrilo, que se almacenarán como líquido en tanques, para posteriormente ser comercializado. El producto obtenido es de alta pureza, con un contenido mínimo del 98%, y ajustándose a la normativa vigente en cuanto a sus características.

## 6.4. Subproductos

Como se ha dicho, además del producto principal se obtienen otros productos de reacciones secundarias que pueden tener interés comercial. No obstante, la recuperación de la mayoría de estos subproductos es poco viable económicamente debido a la capacidad de producción considerada en el proyecto.

### 6.4.1. Acetonitrilo

El acetonitrilo es un líquido incoloro de olor dulce. Es el nitrilo orgánico más simple, cuya fórmula molecular es  $C_2H_3N$  y su estructura molecular se muestra en la figura 12.

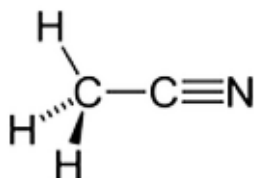


Figura 12. Estructura molecular del acetonitrilo

Sus principales propiedades físicas y químicas aparecen recogidas en la tabla 10.

Tabla 10. Propiedades físicas y químicas del acetonitrilo

Propiedad	Valor
Punto de ebullición, °C	81,6
Punto de fusión, °C	-45,7
Densidad, 20°C, g/cm <sup>3</sup>	0,786
Viscosidad, 20°, cP	1,344
Presión de vapor, kPa, a 25°C	9,9
Temperatura de autoignición, °C	524
Límites de inflamabilidad en aire, % volumen	3-17
Calor de vaporización, J/kg, a 80°C	72,7-106
Calor de fusión, J/kg, a -45,7 °C	21,8-106
Calor de combustión, J/kg, a 25°C	31,03-106
Capacidad calorífica, J/kg·K	22,59-102

Es un compuesto miscible en agua además de ser un excelente disolvente para compuestos inorgánicos y orgánicos, incluyendo polímeros, debido a su alta resistencia dieléctrica y a su momento dipolar.

A continuación se muestran en la tabla 11 algunos de los azeótropos que se forman y sus puntos de ebullición.

**Tabla 11.** Azeótropos del acetonitrilo

<b>Azeótropo</b>	<b>Punto de ebullición, °C</b>	<b>Conc. AC, % en masa</b>
<b>Agua</b>	77	84
<b>Benceno</b>	73	34
<b>Tetracloruro de C</b>	65	17
<b>Metanol</b>	63	81
<b>1,2-dicloroetano</b>	79	79
<b>Etanol</b>	73	44
<b>Acetato de etilo</b>	75	23

Su mayor utilidad, como ya se dijo, es el uso como disolvente en la purificación del butadieno en la destilación extractiva que se lleva a cabo en las refinerías. A mayores, se puede utilizar como medio de reacción en la preparación de productos farmacéuticos y de película fotográfica debido a su bajo punto de ebullición y a que es un buen disolvente. Es también un disolvente para polímeros y fibras. Por otro lado, se emplea en cromatografía líquida por su baja viscosidad y reactividad química ya que el acetonitrilo puro no absorbe la luz ultravioleta. Éstas sólo son algunas de las múltiples aplicaciones que podría tener dicho producto.

#### 6.4.2. Ácido cianhídrico

El cianuro de hidrogeno, o ácido cianhídrico, es un líquido incoloro, venenoso, poco viscoso y altamente volátil. Es ligeramente ácido con cierto olor característico a almendras. Su fórmula molecular es HCN y su estructura se muestra en la figura 13.



**Figura 13.** Estructura molecular del cianuro de hidrógeno

Se trata de un ácido débil, que reacciona violentamente con sustancias oxidantes y con el ácido clorhídrico en mezclas alcohólicas. En forma gaseosa se mezcla fácilmente con el aire, provocando mezclas explosivas.

A través de las cianohidrinas, se preparan una variedad de compuestos orgánicos útiles como es el caso del metacrilato de metilo. Además, a través de un proceso de hidrocianación, el HCN se agrega al butadieno para dar adiponitrilo, que es un precursor del *Nylon*. Además se puede emplear en la producción de muchos otros productos

químicos como las triazinas para herbicidas agrícolas, la metionina como suplemento alimenticio para animales, etc.

Sus principales propiedades físicas y químicas son:

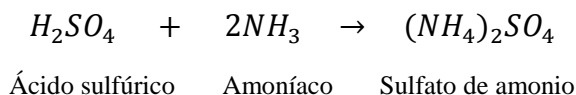
**Tabla 12.** Propiedades físicas y químicas del cianuro de hidrógeno

<b>Propiedad</b>	<b>Valor</b>
<b>Punto de ebullición, °C</b>	25,70
<b>Punto de fusión, °C</b>	-13,24
<b>Densidad, 20°C, g/cm<sup>3</sup></b>	0,688
<b>Viscosidad, 20.2°, cP</b>	0,201
<b>Presión de vapor, kPa, a 20°C</b>	82,60
<b>Temperatura de autoignición, °C</b>	538
<b>Límites de inflamabilidad en aire, % volumen</b>	5,6-40
<b>Calor de vaporización, J/kg</b>	25,20
<b>Calor de fusión, J/kg, a -14 °C</b>	71-103
<b>Calor de combustión, J/kg</b>	642
<b>Capacidad calorífica, J/kg·K</b>	22,59-102

El HCN normalmente no es corrosivo, excepto algunas situaciones: una disolución acuosa diluida de HCN puede causar la aparición de grietas en acero al carbono bajo presión a temperatura ambiente; o también una disolución acuosa de HCN que contenga ácido sulfúrico como estabilizador, puede corroer el acero a temperaturas superiores a los 40°C y en caso de ser acero inoxidable, a temperaturas superiores a los 80°C.

#### 6.4.3. Sulfato amónico

Como se ha dicho, el sulfato amónico [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>] es resultante de la etapa de separación del amoníaco de la corriente principal en el apagador. En este equipo, se pone en contacto en contracorriente la corriente de proceso que sale del reactor, que tiene cierto contenido en amoníaco no reaccionado, con una disolución acuosa de ácido sulfúrico, dando lugar a la reacción química que produce el sulfato amónico.



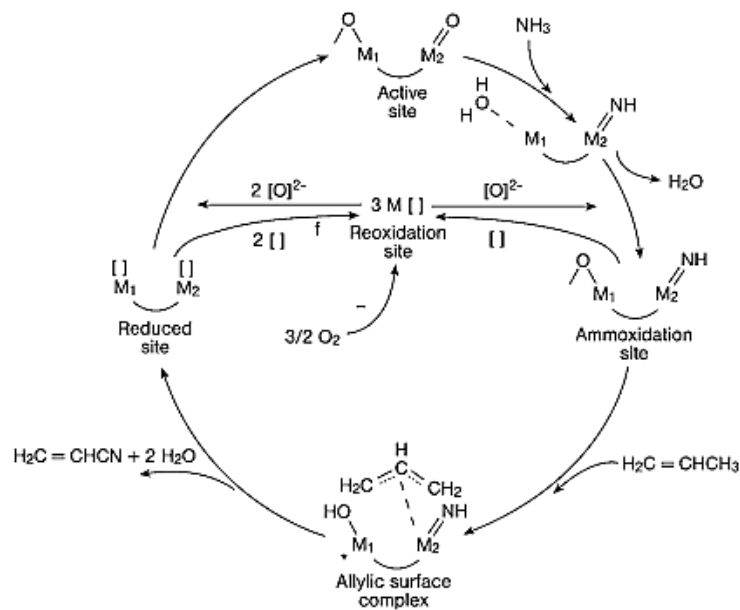
Para la recuperación de la sal, la disolución acuosa pasaría a una etapa de evaporadores para, posteriormente, cristalizar la disolución concentrada y obtener el producto.

Como ya se dijo, el sulfato amónico comercial es de gran interés industrial en la preparación de abonos y fertilizantes. En la planta, se obtiene aproximadamente una media de 10,5 toneladas al día.

## 6.5. Química del proceso

La obtención de acrilonitrilo se lleva a cabo mediante la amoxidación de propileno con oxígeno y amoníaco en presencia de un catalizador. Se trata de una reacción en fase gas que tiene lugar en un reactor catalítico de lecho fluidizado en el cual las condiciones de operación son 480°C y 2 atm de presión. La reacción principal junto con las reacciones secundarias, todas ellas exotérmicas, fueron expuestas en el apartado 5.5.

A continuación se expone el mecanismo catalítico de amoxidación que se puede ver en la figura 14.



**Figura 14.** Mecanismo catalítico de amoxidación para un catalizador metálico

En primer lugar, el amoníaco es absorbido en la superficie del catalizador e interacciona con el centro activo bifuncional de éste generando el centro de amonioxidación. En dicho centro se produce la interacción con el alqueno que en este caso es el propeno. Así se forma el complejo alílico que después de la reordenación de los átomos se convierte en el producto acrilonitrilo y agua. Posteriormente, los productos se desabsorben de la superficie del catalizador. El centro reducido del catalizador se reoxida mediante el oxígeno presente formando otra vez el centro activo bifuncional. Se puede considerar que la principal fuente de desactivación del catalizador será el ensuciamiento y envejecimiento del mismo, por lo que su reemplazo se llevará a cabo periódicamente cuando se crea conveniente.

Por otra parte, para optimizar el correcto desarrollo de este mecanismo de reacción se diseña el reactor con entradas separadas para el oxígeno, el amoníaco y el propeno. Se escoge que el oxígeno entre por la parte inferior del reactor reoxidando el catalizador.

También debido al mecanismo de reacción, la proporción de los reactivos debe ser la adecuada. El reactivo limitante será el propeno y el amoníaco y oxígeno deben estar en ligero exceso por encima de su cantidad estequiométrica (10).

## **6.6. Servicios auxiliares**

### **6.6.1. Electricidad**

La energía necesaria para los procesos electroquímicos, motores, luz y demás usos generales, se puede producir *in situ*, pero es más habitual comprarla a una compañía local. El voltaje al que se tome o genere el suministro dependerá de la demanda.

### **6.6.2. Vapor de calefacción**

El vapor de agua para los procesos de calefacción generalmente se genera en calderas utilizando el combustible más económico disponible. Se debe asegurar que el vapor utilizado no contenga sales para reducir la formación de incrustaciones. En la planta a diseñar, se utiliza vapor de agua de media presión con una temperatura de 180°C y se destina al calentamiento en los *reboilers* de las columnas de destilación y para el calentamiento de las corrientes de alimentación hasta la temperatura adecuada para su entrada al reactor.

### **6.6.3. Agua de refrigeración**

Las torres de refrigeración generalmente se usan para proporcionar el agua de refrigeración requerida en la planta, a menos que se pueda extraer el agua adecuada de un río o lago en suficiente cantidad. La temperatura mínima que se puede alcanzar con el agua de refrigeración depende del clima local. Las torres de refrigeración funcionan evaporando parte del agua de circulación al medio ambiente, provocando el enfriamiento del agua que queda (11).

En la planta objeto de estudio se utiliza agua de refrigeración en los condensadores de las columnas de destilación y en los intercambiadores del proceso destinados al enfriamiento.

### **6.6.4. Agua para uso general**

El agua requerida para usos generales, normalmente, se toma de los principales proveedores locales, a menos que esté disponible en una fuente más económica de agua de suficiente calidad, de un río, lago o pozo. En este caso se dispone de una red de abastecimiento y para suministrarla al sistema debe ser previamente descalcificada para evitar problemas de ensuciamiento e incrustaciones en los equipos de proceso. Esta agua de red se emplea para uso personal (duchas, vestuarios, lavabos, oficinas, etc.), para el agua contra incendios y para la limpieza de la planta.

### **6.6.5. Gas natural**

Se dispone de una conexión a pie de parcela. Este combustible se necesita para las calderas y la antorcha.

### **6.6.6. Aire comprimido**

Se emplea en usos generales y para los transmisores neumáticos y actuadores que en ocasiones se utilizan para el control de procesos. El aire para instrumentación debe estar seco y limpio (libre de aceite) (11).

### **6.6.7. Gases inertes**

El suministro de gases inertes normalmente está centralizado. En este caso, es necesario nitrógeno como servicio adicional de la planta para inertizar los tanques de almacenamiento.

También se utiliza nitrógeno para transportar la sal de sulfato amónico producida en el proceso. Se selecciona este método de transporte por la seguridad, higiene y bajo coste.

Se utiliza nitrógeno en la planta por las siguientes razones:

- Seguridad: para eliminar el riesgo de inflamaciones y explosiones, dado la posibilidad de crear ambientes explosivos entre el acrilonitrilo y el aire.
- Calidad: para crear una atmosfera inerte en los equipos en los que la presencia de oxígeno y humedad puedan causar el deterioro de los productos, al causar reacciones secundarias o productos secundarios.
- Protección: debido a la atmosfera inerte, se sustituyen el aire y el oxígeno que se encuentra en el interior de los tanques por lo que no se forman productos corrosivos. Este hecho hace aumentar el tiempo de vida de los equipos y de las instalaciones, y además de conlleva a un ahorro importante en el mantenimiento.

## **6.7. Descripción detallada del proceso**

### **6.7.1. Acondicionamiento de las materias primas**

Las materias primas se encuentran almacenadas en tanques en las zonas destinadas para este fin, bajo condiciones normales. El ácido sulfúrico se almacena en tanques atmosféricos. El aire no se almacena, se extrae directamente del ambiente a partir de una soplante y posteriormente tras pasar por un filtro para eliminar las partículas sólidas en suspensión, se comprime para aumentar su presión hasta la de operación en el reactor, que son 2 atm.

Todas las corrientes de alimentación al reactor se calientan con vapor de media presión hasta la temperatura adecuada para la reacción, en este caso 150°C, a través de los intercambiadores de calor E-101, E-102 y E-103. Por cuestiones de diseño y operabilidad, que se explicarán de forma detallada en el apartado de cálculos

justificativos, se decide operar con dos reactores en paralelo por lo que el caudal de alimentación se divide a la mitad.

### **6.7.2. Sección de reacción**

El propileno se hace reaccionar con el amoníaco y el aire, introducidos en exceso, en los reactores catalíticos de lecho fluidizado, R-101 y R-102, de las mismas características. En ellos, tiene lugar la reacción de amoxidación para dar acrilonitrilo en presencia de un catalizador de Bi-Mo-O, y otras reacciones secundarias que producen acetonitrilo, ácido cianhídrico, óxidos de carbono, acroleína, agua y pequeñas trazas de impurezas. La conversión a acrilonitrilo requiere unas condiciones de operación de 480°C y 2 atmósferas de presión y un tiempo de residencia de unos pocos segundos.

Los productos gaseosos abandonan los reactores por la parte superior y se juntan las corrientes para ser enfriados hasta 200,2°C (en E-107) antes de introducirse en un apagador o *quench*, C-101. En este equipo, se produce un enfriamiento de la corriente de proceso hasta 100,4°C por contacto directo con una disolución acuosa de sulfato de amonio y ácido sulfúrico que se introducen para neutralizar el amoníaco no reaccionado en la etapa anterior. Así, el producto de colas presenta un gran contenido en agua y sulfato amónico que puede ser recuperado por cristalización para su comercialización. Mientras que la corriente principal abandona el equipo por la parte superior y pasa a la zona de recuperación del acrilonitrilo.

### **6.7.3. Sección de recuperación**

La corriente gaseosa de productos se enfría hasta los 20°C en el intercambiador E-201 y se conduce a una columna de absorción T-201. En este equipo, se eliminan los gases de escape que están constituidos principalmente por nitrógeno, óxidos de carbono, oxígeno y el propileno que no ha reaccionado. Estos gases se envían a una antorcha para ser incinerados y luego se ventean a la atmósfera. Como absorbente, se utilizará el agua recuperada tras la destilación extractiva.

Posteriormente la corriente líquida resultante se calienta con vapor a media presión en el intercambiador E-202 para ser enviada a la columna de destilación extractiva, T-202. Aquí, se separa por cabezas la mayor parte del acrilonitrilo y del cianhídrico, y principalmente agua con acetonitrilo por colas. La importancia de esta torre radica principalmente en la separación de grandes caudales de agua y la mayor parte de acetonitrilo de la corriente. Esto es importante porque a mayor caudal volumétrico a tratar se necesitan equipos más grandes, lo que conlleva a una inversión mayor. Por otro lado la separación mayoritaria de acetonitrilo en este punto del proceso facilita mucho la purificación posterior, ya que al haber una menor cantidad de acetonitrilo, el azeótropo acetonitrilo-agua será proporcionalmente menor al azeótropo acrilonitrilo-agua, por lo que la pureza a obtener será más elevada.

La corriente que abandona la columna por colas pasa a una segunda columna de destilación, T-203, donde se separa el acetonitrilo del agua y demás componentes pesados. Parte del agua se recircula para su aprovechamiento en la torre de absorción y otra parte es purgada y enviada a tratamiento de aguas.

#### **6.7.4. Sección de purificación**

La corriente obtenida por cabezas en la columna de recuperación está formada por acrilonitrilo, ácido cianhídrico, acroleína, agua y trazas de otros componentes y se envía a un tren de destilaciones para obtener los productos de acrilonitrilo y cianuro de hidrógeno. En la primera columna, T-301, se separa el acrilonitrilo del ácido cianhídrico, el cual sale por cabezas junto con la acroleína. La corriente de colas resultante, es enviada a una última columna de destilación, T-302, donde se extrae el acrilonitrilo purificado al 98% por cabezas. Los servicios requeridos para esta zona son vapor y refrigeración.

Por último, el acrilonitrilo es almacenado para su posterior venta. Como protección contra posibles reacciones de polimerización durante el almacenaje, se agregan pequeñas cantidades de inhibidores, como MEHQ (hidroquinona monometiléter).

## **7. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN**

En este apartado se detallan las zonas en las que se divide la instalación, así como la función y características principales de los equipos diseñados de la planta.

### **7.1. Zonas de la implantación**

#### **7.1.1. Zona de producción**

Esta zona se encuentra dividida en tres secciones: acondicionamiento y reacción, recuperación y purificación; las cuales han sido descritas en el apartado anterior.

#### **7.1.2. Zona de servicios auxiliares**

Esta zona se destina al aprovisionamiento y acondicionamiento de las utilidades empleadas en la planta y comprende aquellos servicios descritos en el apartado 6.6.

#### **7.1.3. Zona de laboratorios, oficinas, vestuarios y sala de control**

Por una parte se destina una zona de oficinas y vestuarios para el personal, lo suficientemente alejada de la zona de producción. Por otro lado, en la propia sección de producción se destina una zona a los laboratorios donde se realizan los controles de calidad para asegurar que se cumplen los requerimientos del producto, y otra zona para la sala de control donde se encuentran los operarios encargados de supervisar el funcionamiento de la planta. Esta última está dotada de paneles de control, ordenadores y todo lo necesario para llevar a cabo dicha función.

#### **7.1.4. Zona de aparcamiento**

Se destina una zona de estacionamiento de vehículos tanto del personal de la planta, como de vehículos de trabajo y otros pertenecientes a empresas subcontratas. Además, tendrán su propio lugar de aparcamiento los camiones y otros vehículos pesados, así como otra maquinaria de transporte destinada al uso en las zonas de proceso y almacenamiento.

A continuación, en la tabla 13 se muestra un listado de todas las unidades que conforman el proceso, siendo destacadas aquellas a tratar.

Tabla 13. Lista de equipos

<b>Sección 100</b>	
E-101	Intercambiador de calor
E-102	Intercambiador de calor
E-103	Intercambiador de calor
E-104	Intercambiador de calor
K-101	Compresor
R-101	Reactor
R-102	Reactor
T-101	Apagador
<b>Sección 200</b>	
E-201	Intercambiador de calor
E-202	Intercambiador de calor
E-203	Condensador de T-202
E-204	Caldera de T-202
E-205	Condensador de T-203
E-206	Caldera de T-203
E-207	Intercambiador de calor
S-201	Separador de fases
V-201	Tanque de condensado
V-202	Tanque de condensado
T-201	Columna de absorción
T-202	Columna de destilación extractiva
T-203	Columna de destilación
P-201 A/B	Bomba
P-202 A/B	Bomba
P-203 A/B	Bomba
<b>Sección 300</b>	
E-301	Condensador de T-301
E-302	Caldera de T-301
E-303	Condensador de T-302
E-304	Caldera de T-302
V-301	Tanque de condensado
V-302	Tanque de condensado
T-301	Columna de destilación
T-302	Columna de destilación
P-301 A/B	Bomba
P-302 A/B	Bomba

## 7.2. Equipos diseñados

### 7.2.1. Intercambiador de calor E-101

El intercambiador de calor E-101 se encuentra situado en la línea de alimentación de propileno y su función es adecuar la corriente de entrada al reactor elevando su temperatura hasta la temperatura necesaria para la operación en el reactor.

Se trata de un intercambiador de carcasa y tubos con cabezal flotante de anillo partido que emplea vapor de agua a media presión como medio calefactor.

Los principales datos de diseño se encuentran recogidos en la tabla 14.

**Tabla 14.** Datos intercambiador E-101

<b>Intercambiador E-101</b>	
Fluido carcasa	Vapor de agua
Fluido tubos	Propileno
T entrada tubos (°C)	35
T salida tubos (°C)	150
T entrada carcasa (°C)	180
T salida carcasa (°C)	180
Nº tubos	69
D <sub>e</sub> tubos (m)	0,025
D <sub>i</sub> tubos (m)	0,021
L tubos (m)	1,829
D <sub>s</sub> carcasa (m)	0,372
Pasos	1/2
Disposición tubos	Triangular
A (m <sup>2</sup> )	9,838
U (W/m <sup>2</sup> ·°C)	281,529
Material	Acero al carbono

### 7.2.2. Intercambiador de calor E-102

El intercambiador de calor E-102 se encuentra situado en la línea de alimentación de amoníaco y su función es adecuar la corriente de entrada al reactor elevando su temperatura hasta la temperatura necesaria para la operación en el reactor.

Se trata de un intercambiador de carcasa y tubos con cabezal flotante de anillo partido que emplea vapor de agua a media presión como medio calefactor.

Los principales datos de diseño se encuentran recogidos en la tabla 15.

**Tabla 15.** Datos del intercambiador E-102

<b>Intercambiador E-102</b>	
Fluido carcasa	Vapor de agua
Fluido tubos	Amoníaco
T entrada tubos (°C)	35
T salida tubos (°C)	150
T entrada carcasa (°C)	180
T salida carcasa (°C)	180
Nº tubos	68
D <sub>e</sub> tubos (m)	0,025
D <sub>i</sub> tubos (m)	0,021
L tubos (m)	1,219
D <sub>s</sub> carcasa (m)	0,371
Pasos	1/2
Disposición tubos	Triangular
A (m <sup>2</sup> )	6,490
U (W/m <sup>2</sup> ·°C)	244,710
Material	Acero inoxidable

### 7.2.3. Intercambiador de calor E-103

El intercambiador de calor E-103 se encuentra situado en la línea de alimentación de aire y su función es adecuar la corriente de entrada al reactor elevando su temperatura hasta la temperatura necesaria para la operación en el reactor.

Se trata de un intercambiador de carcasa y tubos con cabezal flotante de anillo partido que emplea vapor de agua a media presión como medio calefactor.

Los principales datos de diseño se encuentran recogidos en la tabla 16.

**Tabla 16.** Datos del intercambiador E-103

<b>Intercambiador E-103</b>	
Fluido carcasa	Vapor de agua
Fluido tubos	Aire
T entrada tubos (°C)	80
T salida tubos (°C)	150
T entrada carcasa (°C)	180
T salida carcasa (°C)	180
Nº tubos	218
D <sub>e</sub> tubos (m)	0,038
D <sub>i</sub> tubos (m)	0,034
L tubos (m)	1,219
D <sub>s</sub> carcasa (m)	0,885
Pasos	1/2
Disposición tubos	Triangular
A (m <sup>2</sup> )	31,593
U (W/m <sup>2</sup> ·°C)	249,281
Material	Acero al carbono

#### 7.2.4. Reactores R-101 y R-102

Se trata de dos reactores iguales de lecho fluidizado donde tiene lugar la reacción catalítica de amoxidación del propileno para obtener el acrilonitrilo deseado. Es una reacción exotérmica que tiene lugar en fase gas en presencia de un catalizador de molibdeno-bismuto. Las condiciones de operación son de 480°C y 2 atmósferas de presión.

Los principales datos del diseño se encuentran recogidos en la tabla 17.

**Tabla 17.** Datos del diseño de los reactores

<b>Datos del catalizador</b>	
Diámetro de partícula (mm)	1
Densidad de partícula (g/ml)	1,2
Pérdidas en 5 años (lb/d)	200
<b>Datos del reactor</b>	
A (m <sup>2</sup> )	1,70
D (m)	1,47
H (m)	2,09
V (m <sup>3</sup> )	3,90
Material	Acero inoxidable

### 7.2.5. Columna de absorción T-201

La columna de absorción T-201 se sitúa al inicio de la sección de recuperación del componente principal y en ella tiene lugar la absorción en contracorriente del acrilonitrilo en agua.

Los principales datos del diseño se encuentran recogidos en la tabla 18.

**Tabla 18.** Datos de la torre T-201

<b>Tipo de relleno</b>	Raschig 2"
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	4,93
<b>D (m)</b>	2,51
<b>h (m)</b>	7,18
<b>Material</b>	Acero al carbono

## 8. CONTROL E INSTRUMENTACIÓN

### 8.1. Introducción

El principal objetivo de la industria química es obtener unos productos de la mayor calidad posible a partir de las materias primas, energía y una serie de operaciones que involucran reacciones químicas para producir el producto deseado. Para cumplir este objetivo, el proceso debe realizarse en condiciones de operación seguras. Se trata de una tarea compleja ya que los procesos químicos son dinámicos y nunca siguen exactamente las pautas que se suponen previamente. Existen factores tanto internos como externos que provocan perturbaciones en las condiciones de operación del sistema.

Los sistemas de control e instrumentación son necesarios para reducir los efectos de las perturbaciones, de forma que las condiciones de operación se mantengan dentro de sus especificaciones.

Esta sección se dedica a la descripción cualitativa del sistema de control. Esta información se complementa con el diagrama P&ID, incluido en el apartado de planos, plano número 4, que describe la arquitectura de control de la instalación.

### 8.2. Objetivos

Los objetivos de un sistema de control, por orden de prioridad, son los siguientes:

1. **Seguridad:** es importante asegurar seguridad de las personas, del medioambiente y de los equipos. Los objetivos de seguridad se crean para situaciones excepcionales, cuando la operación se sale de sus especificaciones.
2. **Protección ambiental:** el objetivo es conseguir que el proceso tenga la capacidad de convertir componentes potencialmente tóxicos en material benigno. El problema más habitual son las emisiones fugitivas o derrames, que será necesario controlar.
3. **Protección de los equipos:** cada equipo de la planta supone un coste y, en ocasiones, son difíciles de reparar, por lo que mantener las condiciones de operación en los intervalos adecuados es muy importante para prevenir daños.
4. **Mantenimiento de la operación:** hay que evitar en todo momento que se produzcan fluctuaciones en los caudales de entrada y de salida del proceso.
5. **Calidad del producto:** los productos finales obtenidos deben satisfacer siempre las especificaciones de la demanda propuesta por los clientes. El control del proceso contribuye a la correcta operación de la planta manteniendo las condiciones de operación necesarias para obtener la mayor calidad posible del producto.
6. **Optimizar beneficios:** una vez abordados los objetivos primordiales, se analiza si todavía hay variables disponibles que se puedan manipular para optimizar los beneficios, como puede ser la reducción de la energía empleada o hacer un mejor uso de los recursos.

7. **Monitorización y diagnóstico:** las plantas químicas necesitan monitorización y diagnóstico tanto manual como automático.

Estos objetivos no son independientes y el diseño del sistema de control se realiza en función de los mismos.

### **8.3. Instrumentación**

Un instrumento no mide directamente una variable, sino que mide un fenómeno físico cuya magnitud es proporcional a la variable a medir y puede relacionarse con esta a través de una curva de calibrado. En función de la variable que se quiera medir, existen diferentes tipos de medidores o indicadores, referentes a la monitorización del proceso.

#### **8.3.1. Indicadores de caudal**

Para la medida de caudales, los instrumentos disponibles son muchos, entre los que destacan la placa de orificio, las toberas de caudal, tubo de Venturi, tubo de Pitotl, el medidor de área variable o rotámetro, medidores de turbina, magnéticos o másico de efecto Coriolis. En este caso, se emplea una placa de orificio a través de la cual circula el fluido. Debido a un aumento de la energía cinética del fluido por el paso a través del orificio y a pérdidas por fricción, se produce una caída de presión en el fluido la cual es proporcional al caudal de paso.

#### **8.3.2. Indicadores de presión**

Los instrumentos para medir la presión pueden ser manómetros de columna de líquido; manómetros Bourdon, que por efecto de la presión deforman un elemento elástico que transmite la deformación a una aguja medidora mediante engranajes; o manómetros de diafragma, donde la presión varía por estiramiento del diámetro y en consecuencia la resistencia eléctrica de un conjunto de conductores.

#### **8.3.3. Indicadores de temperatura**

Entre los medidores de temperatura más habituales en la industria se encuentran los termopares y las termorresistencias. Los primeros, se basan en el efecto *Seebeck* en el que si en un circuito cerrado formado por dos conductores diferentes se calienta una de las uniones con respecto de la otra, aparece una fuerza electromotriz que origina un flujo de corriente proporcional a la diferencia de las temperaturas.

#### **8.3.4. Indicadores de nivel**

El nivel que alcanza un líquido dentro de un recipiente se puede medir con instrumentos como el medidor de vidrio, donde el nivel se observa visualmente mediante el principio de los vasos comunicantes; medidor de presión diferencial, donde se mide la presión ejercida por la columna de líquido en el recipiente; medidor de flotador, en el que el cambio de posición de un flotador al variar el nivel es transmitido a una escala de

medida; o medidores de ultrasonidos donde se utiliza el tiempo que tarda en llegar la señal desde el sensor a la superficie del líquido y rebotar.

## 8.4. Control

En primer lugar es necesaria una breve descripción de los principales elementos de un sistema de control, que son el sensor, el transductor, el controlador y el actuador o elemento final de control.

- **Sensor:** es el elemento que proporciona una salida utilizable en respuesta a una magnitud de entrada. Mide la variable a controlar, que suele ser temperatura, presión, caudales o composiciones.
- **Transductor:** dispositivo que recibe una información en forma de valor y la convierte en una señal que pueda ser manejada por el controlador. Convierte la señal entre eléctrica y neumática o estandarizada y no estandarizada.
- **Controlador:** este dispositivo recibe la señal estandarizada de la variable medida y calcula la acción de control de acuerdo con el algoritmo que se le haya implementado para ajustar el valor de la variable de proceso al *set point* establecido. Ese cálculo proporciona un valor de la señal de salida que se envía al elemento final de control.
- **Actuador o elemento final de control:** dispositivo neumático, eléctrico o hidráulico que tiene como objetivo implementar en el proceso la orden enviada por el controlador. En la mayor parte de los casos se trata de una válvula de control.

Por otra parte, también es necesario definir algunas de las expresiones más habituales en el control de procesos, como las variables manipulada y controlada, las perturbaciones, o el punto de consigna o *set point*.

- **Variable controlada:** aquella variable que selecciona la ingeniería de procesos y que cuantifica, define o caracteriza bien la calidad de un producto o el funcionamiento del proceso y ha de mantenerse en unos valores de referencia.
- **Variable manipulada:** aquella variable que se puede ajustar dinámicamente para mantener la variable controlada en su punto de consigna.
- **Punto de consigna o *set point*:** es el valor en el que ha de mantenerse la variable controlada.
- **Perturbaciones:** fluctuaciones responsables de que las variables controladas no se mantengan en sus especificaciones.

La simbología, numeración y nomenclatura se realiza de acuerdo con el documento de carácter internacional *Instrumentation Symbols and Identification*, ANSI/ISA-5.1-1984.

En la tabla 19 se muestra la nomenclatura utilizada.

**Tabla 19.** Nomenclatura utilizada en el P&ID

<b>Letra</b>	<b>Primera posición</b>	<b>Sucesivas posiciones</b>
A	Composición	Alarma
C	-	Controlador
F	Caudal	-
H	-	Alto
I	-	Indicador
L	Nivel	Bajo
P	Presión	-
S	-	Interruptor
T	Temperatura	Transmisor
V	-	Válvula

A continuación se explican los lazos de control más importantes que se han implantado en las secciones estudiadas de la planta de producción de acrilonitrilo y se puede ver detalladamente en el diagrama de control e instrumentación, plano número 3.

#### **8.4.1. Lazos de control**

##### **8.4.1.1. Sección de acondicionamiento y reacción**

###### **Lazo de control TIC-101**

Para mantener las condiciones de operación necesarias en el reactor, se debe controlar la temperatura de entrada de los reactivos. Para ello, se establece un lazo de control en donde se mida la temperatura de la corriente de entrada al reactor y en función de la diferencia con la especificación, que es de 150°C, se regula el caudal del vapor de media presión empleado para aumentar la temperatura en el intercambiador E-101.

Los lazos de control TIC-102 y TIC-103 tienen la misma utilidad.

###### **Lazo de control FIC-101**

Para el control del funcionamiento del compresor K-101 es habitual un sistema de control de flujo por recirculación. Este lazo de control se emplea principalmente para proteger al equipo frente a posibles fluctuaciones de caudal que tienen lugar cuando la presión de descarga del compresor es menor que la presión aguas abajo del sistema. Esto puede producir una inversión del flujo a través del compresor. La fluctuación también puede ser causada por una pérdida del flujo de aspiración. La recirculación de todo o parte de la descarga del compresor a través de la válvula, se controla para mantener el flujo estable a la salida del controlador.

Hay que tener en cuenta que aunque sea una forma eficaz de controlar el compresor, supone un gasto energético.

#### **Lazo de control TIC-104**

Para mantener la operación controlada en el reactor, debido a la exotermicidad de la reacción, se establece un lazo de control de la temperatura que regula el caudal de fluido refrigerante.

El lazo de control TIC-105 tiene la misma utilidad.

#### **Lazo de control TIC-106**

Para mantener las condiciones de operación necesarias en el apagador, se debe controlar la temperatura de la corriente de entrada. Para ello, se establece un lazo de control en donde se mide la temperatura de la misma y en función de la diferencia con la especificación, en torno a 200°C, se regula el caudal del agua de refrigeración empleada en el intercambiador E-106.

#### **Lazo de control AIC-101**

Para asegurar la neutralización del amoníaco se establece un lazo de control que mide la composición de la corriente de salida del *quen*ch y calcula las necesidades de ácido sulfúrico que se varían mediante el grado de apertura de la válvula ACV-101.

#### **Lazo de control PIC-101**

Para mantener controlada la presión en cabezas del apagador se emplea un lazo de control que regula el caudal de salida, aumentando el grado de apertura de la válvula cuando la presión aumenta.

### **8.4.1.2. Sección de recuperación**

#### **Lazo de control TIC-201**

Para mantener las condiciones de operación necesarias en la columna de absorción, se debe controlar la temperatura de la corriente de entrada. Para ello, se establece un lazo de control en donde se mide la temperatura de la corriente de entrada y en función de la diferencia con la especificación, en torno a 20°C, se regula el caudal del agua de refrigeración empleada en el intercambiador E-201.

#### **Lazo de control LIC-201**

Para evitar situaciones de inundación y mantener el nivel del líquido en el separador se utiliza un lazo de control de nivel que permite regular el caudal de salida por fondos mediante la variación del grado de apertura de la válvula LCV-201.

### **Lazo de control PIC-201**

Para mantener controlada la presión en cabezas de la columna de absorción se emplea un lazo de control que regula el caudal de salida de los gases que van a la antorcha, aumentando el grado de apertura de la válvula cuando la presión aumenta.

### **Lazo de control LIC-202**

Para evitar situaciones de inundación y mantener el nivel del líquido en el fondo de la columna de absorción, se utiliza un lazo de control de nivel que permite regular el caudal de salida por fondos mediante la variación del grado de apertura de la válvula LCV-202.

### **Lazo de control TIC-202**

Para mantener las condiciones de operación necesarias en la columna de destilación extractiva, se debe controlar la temperatura de la corriente de entrada. Para ello, se establece un lazo de control en donde se mide la temperatura de la misma y en función de la diferencia con la especificación, en torno a 80°C, se regula el caudal de vapor calefactor empleado en el intercambiador E-202.

### **Lazo de control PIC-202**

Para mantener controlada la presión en cabezas de la columna T-202 se emplea un lazo de control que regula el caudal de refrigerante en el condensador. De esta forma, si la presión de la torre aumenta, esto se traduce en un aumento del caudal de vapor. Para contrarrestar este efecto, el controlador abre la válvula de fluido refrigerante provocando una mayor condensación y, por lo tanto, disminuir así la presión en la torre.

El lazo de control PIC-203 tiene la misma utilidad.

### **Lazo de control TIC-203**

Para controlar la calidad del producto destilado se utiliza un lazo de control que regula la temperatura a través del caudal de reflujo para mantenerla en la temperatura de equilibrio correspondiente.

El lazo de control TIC-205 tiene la misma utilidad.

### **Lazo de control LIC-203**

Para evitar situaciones de inundación o vacío en el tanque de condensado se establece un control de nivel mediante la manipulación de la válvula de control del destilado. Además se controla para evitar fluctuaciones en el reflujo.

El lazo de control LIC-205 tiene la misma utilidad.

#### **Lazo de control TIC-204**

Para mantener la calidad del producto de colas se establece un lazo de control de la temperatura ya que es una forma indirecta y económica de controlar la composición. Se mantiene la temperatura de equilibrio correspondiente en su punto de consigna mediante la manipulación de la válvula que regula el flujo de vapor calefactor que llega al *reboiler*.

El lazo de control TIC-206 tiene la misma utilidad.

#### **Lazo de control LIC-204**

Para mantener la operación y evitar situaciones de inundación se establece un control de nivel en la zona inferior de la columna T-203. Se controla mediante la manipulación de la válvula que regula el caudal del producto de colas.

El lazo de control LIC-206 tiene la misma utilidad.

#### **Lazo de control TIC-207**

Para mantener las condiciones de operación necesarias en la columna de absorción, se debe controlar la temperatura de la corriente de entrada de agua. Para ello, se establece un lazo de control en donde se mide la temperatura de la misma y en función de la diferencia con la especificación, en torno a 9°C, se regula el caudal de agua de refrigeración empleada en el intercambiador E-207.

### **8.4.1.3. Sección de purificación**

#### **Lazo de control PIC-301**

Para mantener controlada la presión en cabezas de la columna T-301 se emplea un lazo de control que regula el caudal de refrigerante en el condensador. De esta forma, si la presión de la torre aumenta, esto se traduce en un aumento del caudal de vapor. Para contrarrestar este efecto, el controlador abre la válvula de fluido refrigerante provocando una mayor condensación y, por lo tanto, disminuir así la presión en la torre.

Cabe destacar que es necesario mantener la presión constante para poder controlar la composición mediante la temperatura, como se explica a continuación.

El lazo de control PIC-302 tiene la misma utilidad.

#### **Lazo de control TIC-301**

Para controlar la calidad del producto destilado se utiliza un lazo de control que regula la temperatura a través del caudal de reflujo para mantenerla en la temperatura de equilibrio correspondiente.

El lazo de control TIC-303 tiene la misma utilidad.

### **Lazo de control LIC-301**

Para evitar situaciones de inundación o vacío en el tanque de condensado se establece un control de nivel mediante la manipulación de la válvula de control del destilado. Además se controla para evitar fluctuaciones en el reflujo.

El lazo de control LIC-303 tiene la misma utilidad.

### **Lazo de control TIC-302**

Para mantener la calidad del producto de colas se establece un lazo de control de la temperatura ya que es una forma indirecta de controlar la composición. Se mantiene la temperatura de equilibrio correspondiente en su punto de consigna mediante la manipulación de la válvula que regula el flujo de vapor calefactor que llega al *reboiler*.

El lazo de control TIC-304 tiene la misma utilidad.

### **Lazo de control LIC-302**

Para mantener la operación y evitar situaciones de inundación se establece un control de nivel en la zona inferior de la columna T-301. Se controla mediante la manipulación de la válvula que regula el caudal del producto de colas.

El lazo de control LIC-304 tiene la misma utilidad.

## **8.5. Elementos de seguridad**

Se deben diseñar y especificar los sistemas directamente relacionados con la seguridad de la planta como son las alarmas y las válvulas de seguridad.

### **8.5.1. Alarmas**

Las alarmas son dispositivos de aviso, no actuadores, que determinan condiciones límite sobrepasadas en el proceso. Son aparatos de alta integridad con una frecuencia de fallo menor que la de los sistemas de control anteriormente descritos. Tienen como finalidad proporcionar información visual o sonora para que el operario, en caso de fallo del sistema, pueda llevar a cabo una acción correctiva.

Se instalan en las etapas más críticas del proceso para controlar las variables críticas de cada una de ellas. Las alarmas que habitualmente se instalan son:

- Nivel: se adoptan valores de alarma de alto nivel (LAH) cuando se encuentra al 80% y de alarma de bajo nivel (LAL) cuando se encuentra al 20% de su capacidad.
- Presión: se instala en equipos susceptibles de un aumento o caída de presión fuera de rango, por lo que pueden ser de presión alta (PAH) o de presión baja (PAL).

- Temperatura: en equipos donde tenga lugar un aporte o generación de calor se suele instalar una alarma de alta temperatura (TAH) si esta temperatura es crítica para el proceso.
- Caudal: se colocan alarmas de bajo caudal (FAL) para indicar paradas en una bomba o cuando un bajo caudal pueda producir daños en un equipo o suponer un riesgo para el proceso.

### **8.5.2. Válvulas de seguridad**

El sistema de alivio constituye la capa de seguridad de mayor integridad de la planta en cuanto a control básico. Los dispositivos de alivio están orientados a evitar sobrepresiones en los equipos cuando los sistemas de control encargados de regularla fallan, por lo que se instalan en aquellos recipientes susceptibles de un aumento de presión.

Presentan un funcionamiento mecánico que, en caso de sobrepresión excesiva libera ésta reduciendo riesgos para el personal y los equipos. Las descargas de estas válvulas se llevarán a un colector seguro donde serán tratadas o enviadas a depósitos de residuos habilitados para este fin, dependiendo de la naturaleza del fluido evacuado. Son sistemas independientes cuyas necesidades son cubiertas por fuentes de energía diferentes a las utilizadas en el resto de los equipos.

## **9. NORMAS, LEGISLACIÓN Y CÓDIGOS DE DISEÑO**

En este apartado se hará referencia a las normas, legislación y códigos del diseño de todos los equipos y elementos de la planta de producción de acrilonitrilo bajo estudio en lo referente a aspectos técnicos, ambientales y de seguridad.

### **9.1. Normas**

#### **9.1.1. Normas de construcción**

- N.B.E. – N.T.E.: Normas Básicas de Edificación – Normas Tecnológicas de Edificación. Real Decreto 3565/1972 (B.O.E. de 15/01/1973) corregido por R.D. 1650/1977 (B.O.E. 9/07/1977):
  - NBE–CPI/97: Condiciones de Protección contra Incendios.
  - NBE–EA: Estructuras de Acero.
  - NBE–MV 102: Ejecución de las estructuras de acero laminado en edificación.
  - NBE–MV 103: Acero laminado para estructuras de edificación.
  - NTE–CSS: Cimentaciones Superficiales Corridas.
  - NTE–CSZ: Cimentaciones Superficiales. Zapatas.
  - NTE–EH: Estructuras de Hormigón.
  - NTE–EME: Estructuras de Madera. Encofrados.
  - NTE–IEI: Iluminación Interior.
  - NTE–IEP: Puesta a Tierra.
  - NTE–IER: Instalaciones Eléctricas. Red Exterior.
  - NTE–IIE: Iluminación Exterior.

#### **9.1.2. Normas de electricidad**

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) e Instrucciones técnicas Complementarias (ITC MIBT) aprobado por Decreto 842/2002, de 18 de septiembre.

#### **9.1.3 Normas de seguridad y salud**

- R.A.M.I.N.P.: Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas.
- E.B.S.: Estudio Básico de Seguridad y Salud.

## **9.2 Legislación**

### **9.2.1 Referente a construcción**

- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

Modificado por:

- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. (B.O.E. nº 127 de 29/05/2006)
- Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción. (B.O.E. nº 71 23/03/2010)
- RESOLUCIÓN de 8 de abril de 1999, de la Secretaría de Estado de Aguas y Costas, sobre delegación de facultades en materia de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 314/2006, del 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la edificación.

### **9.2.2 Referente a electricidad**

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. (B.O.E. nº 224 18/09/2004)

### **9.2.3 Referente a seguridad e higiene**

#### **9.2.3.1 Generales**

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. (B.O.E. de 10 de noviembre.)
- Real Decreto Ley 2/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.

### **9.2.3.2. Prevención**

- Real Decreto 899/2015, de 9 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. (B.O.E. nº 243 10/10/2015)

### **9.2.3.3 Seguridad y salud**

- Real Decreto 1879/1996, de 2 de agosto, por el que se regula la composición de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (B.O. E. nº 27 31/01/1997)
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. (B.O.E. nº 140 12/06/1997)
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. (B.O.E. nº 188 07/08/1997)
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. (B.O.E. nº 97 23/04/1997)
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. (B.O.E. nº 97 23/04/1997)
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores. (B.O.E. nº 97 23/04/1997).
- Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización. (B.O.E. nº 97 23/04/1997)
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. (B.O.E. nº 148 21/06/2001)
- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. (B.O.E. nº 104 01/05/2001)
- Real Decreto 330/2009 de 13 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. (B.O.E. nº73 26/03/2009).
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. (B.O.E. nº 303 17/12/2004)

- Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

#### **9.2.3.4 Higiene**

- Orden de 9 de marzo de 1971 por la que se aprueba el Plan de Higiene y Seguridad del Trabajo. (B.O.E. nº 60 11/03/1971)
- Real Decreto 577/1982, de 17 de marzo, por el que se regulan la estructura y competencias del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (B.O.E. nº 69 22/03/1982)

### **9.2.4 Referente al medio ambiente**

#### **9.2.4.1 Impacto ambiental**

- Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero. (B.O.E. nº 73 25/03/2010)
- Decisión del Consejo, de 20 de octubre de 2008, relativa a la aprobación, en nombre de la Comunidad Europea, del Protocolo sobre evaluación estratégica del medio ambiente de la Convención de Espoo de 1991 de la CEPE/ONU sobre la evaluación del impacto ambiental en un contexto transfronterizo.
- Directiva 97/11/CE del Consejo, de 3 de marzo de 1997, por el que se modifica la Directiva 85/337/CEE relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.
- Reglamento 166/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo del 18 de enero, relativo al establecimiento de un registro de emisiones y transferencia de contaminantes.

#### **9.2.4.2 Emisiones atmosféricas**

- Directiva 96/62/CE del Consejo, de 27 de septiembre de 1996, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente. (B.O.E. nº296 21/11/1996)
- Decreto 833/1975, de 6 de febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de 22 de protección del ambiente atmosférico. (B.O.E. nº96 22/04/1975)
- Real Decreto 547/1979, de 20 de febrero, sobre modificación del anexo IV del Decreto 833/1975, de 8 de febrero, por el que se desarrolla la Ley de Protección del Ambiente Atmosférico. (B.O.E. nº 71 23/03/1979)
- Real Decreto-ley 5/2004, de 27 de agosto, por el que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero. (B.O.E. nº 208 28/08/2004)
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. (B.O.E. nº275 16/11/2007)

- Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación. (B.O.E. nº 157 02/08/2002)
- Directiva 2004/101/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de octubre de 2004, por la que se modifica la Directiva 2003/87/CE, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad con respecto a los mecanismos de proyectos del Protocolo de Kioto.

#### **9.2.4.3 Efluentes líquidos**

- Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. (B.O.E. nº 312 30/12/1995)
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Directiva 76/464/CEE relativa a la Protección del Medio Acuático contra Descargas de Sustancias Peligrosas (D.O. de 18 de Mayo); modificada por la Directiva 91/692/CEE (D.O. de 31 de Diciembre).
- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. (B.O.E. nº 176 24/08/2001)
- Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decretoley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. (B.O.E. nº 77 29/03/1996)
- Real Decreto 2116/1998, de 2 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. (B.O.E. nº 251 20/10/1998)

#### **9.2.4.4 Gestión de residuos**

- Directiva del Consejo, de 18 de marzo de 1991, por la que se modifica la Directiva 75/442/CEE relativa a los residuos.
- Directiva 94/31/CE del Consejo, de 27 de junio de 1994, por la que se modifica la Directiva 91/689/CEE relativa a los residuos peligrosos.
- Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos. (B.O.E. nº 182 30/07/1988)
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. (B.O.E. nº 181 29/07/2011).

#### **9.2.4.5 Contaminación acústica**

- Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. (B.O.E. nº 276 18/11/2003)
- Real Decreto 1316/1989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo. (B.O.E. nº 263 2/11/1989)
- Ley 16/2002, de 28 de junio, de Protección contra la Contaminación Acústica. (B.O.E. nº 177 25/07/2002)

### **9.3 Códigos de diseño**

#### **9.3.1 Códigos generales**

- U.N.E. (Español).
- A.S.M.E. (*American Society of Mechanical Engineers*).
- T.E.M.A. (*American Tubular Exchanger Manufactures Association*).
- DIN (*Deutsches Institut für Normung*, Alemania).
- BS (*British Standards*, Gran Bretaña).

## **10. SEGURIDAD EN EL DISEÑO Y EN LA OPERACIÓN**

### **10.1. Introducción**

En este apartado se lleva a cabo un inventario de sustancias presentes en el proceso productivo comprobando los umbrales de las cantidades de las mismas y poder así determinar si se trata de una instalación a clasificar según la normativa Seveso. Por otra parte, se realiza un análisis breve de reactividad y una identificación de los posibles escenarios de accidentes, sus causas y consecuencias, y las medidas a tomar. Por último, se realiza un estudio sobre las distancias de seguridad necesarias en los equipos de la planta.

### **10.2. Inventario de sustancias**

El Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (B.O.E. de 20 de octubre de 2015), tiene como objetivo la prevención de accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, así como la limitación de sus consecuencias sobre la salud humana, los bienes y el medio ambiente.

Para saber si la instalación debe seguir la legislación del presente Real Decreto, se ha de analizar el Artículo 2, en el que se determina el ámbito de aplicación. Según el citado artículo, “las disposiciones de este Real Decreto se aplicarán a los establecimientos tal y como se definen en el artículo 3”. Por lo tanto, analizando el artículo 3, se entiende por establecimiento “la totalidad del emplazamiento bajo el control de un industrial en el que se encuentren sustancias peligrosas en una o varias instalaciones, incluidas las infraestructuras o actividades comunes o conexas; los establecimientos serán de nivel inferior o de nivel superior”. Además, según el apartado 21 del mismo artículo, se entiende por sustancia peligrosa “toda sustancia o mezcla incluida en la parte 1 o enumerada en la parte 2 del anexo I, incluyendo aquellas en forma de materia prima, producto, subproducto, residuo o producto intermedio”. Es por esto que una vez realizado el inventario de sustancias, se debe comparar con el anexo I del Real Decreto 840/2015 para clasificar o no la instalación según la Directiva Seveso.

Para realizar el inventario, se tienen en cuenta todas las sustancias presentes en el proceso productivo exponiendo las propiedades más importantes de las mismas. Como ampliación de la información aquí expuesta, se incluyen las fichas de seguridad en el anexo III del presente proyecto.

En primer lugar, se definen algunos términos importantes para una mejor comprensión de las propiedades de las sustancias:

- Punto de inflamación o punto flash: la más baja temperatura a la cual los vapores formados a partir de un líquido pueden arder.

- Temperatura de autoignición: temperatura a partir de la cual una sustancia se puede incendiar sin necesidad de una fuente de ignición.
- Límite inferior de inflamabilidad o límite inferior de explosividad: la más baja concentración de vapor o gas (como % en volumen de la sustancia en aire) que produce un incendio flash en presencia de una fuente de ignición (llama, calor, chispa eléctrica).
- Límite superior de inflamabilidad o límite superior de explosividad: la más alta concentración de vapor o gas (como % en volumen de la sustancia en aire) que produce un incendio flash en presencia de una fuente de ignición (llama, calor, chispa eléctrica).

Además de estas, se determinan su densidad relativa, su punto de ebullición y su presión de vapor.

A continuación se muestran tabulados los valores de estas propiedades físicas para las sustancias presentes.

**Tabla 20.** Propiedades físicas del propileno

<b>Propileno</b>	
Punto de ebullición (°C)	-47,7
Densidad relativa (aire=1)	1,49
Presión de vapor a 25°C (kPa)	1158
Punto flash (°C)	-107,8
Temperatura de autoignición (°C)	458
Límite inferior de explosividad (% volumen en el aire)	2,4
Límite superior de explosividad (% volumen en el aire)	10,3

**Tabla 21.** Propiedades físicas del amoníaco

<b>Amoníaco</b>	
Punto de ebullición (°C)	-33
Densidad relativa (aire=1)	0,59
Presión de vapor a 26°C (kPa)	1013
Punto flash (°C)	11
Temperatura de autoignición (°C)	651
Límite inferior de explosividad (% volumen en el aire)	15
Límite superior de explosividad (% volumen en el aire)	28

**Tabla 22.** Propiedades físicas del oxígeno

<b>Oxígeno</b>	
Punto de ebullición (°C)	-183
Densidad relativa (aire=1)	1,1
Temperatura de fusión (°C)	-219
Temperatura crítica (°C)	-118

**Tabla 23.** Propiedades físicas del nitrógeno

<b>Nitrógeno</b>	
Punto de ebullición (°C)	-196
Densidad relativa (aire=1)	0,97
Temperatura de fusión (°C)	-210
Temperatura crítica (°C)	-147

**Tabla 24.** Propiedades físicas del agua

<b>Agua</b>	
Punto de ebullición (°C)	100
Densidad relativa (aire=1)	0,62
Presión de vapor a 20°C (kPa)	2,3
Temperatura de fusión (°C)	0
Temperatura crítica (°C)	374

**Tabla 25.** Propiedades físicas del acrilonitrilo

<b>Acrilonitrilo</b>	
Punto de ebullición (°C)	77
Densidad relativa (aire=1)	1,05
Presión de vapor a 20°C (kPa)	11
Punto flash (°C)	-5
Temperatura de autoignición (°C)	481
Límite inferior de explosividad (% volumen en el aire)	3
Límite superior de explosividad (% volumen en el aire)	17

**Tabla 26.** Propiedades físicas del acetonitrilo

<b>Acetonitrilo</b>	
Punto de ebullición (°C)	81,6
Densidad relativa (aire=1)	1,04
Presión de vapor a 25°C (kPa)	9,9
Punto flash (°C)	2
Temperatura de autoignición (°C)	524
Límite inferior de explosividad (% volumen en el aire)	4,4
Límite superior de explosividad (% volumen en el aire)	16

**Tabla 27.** Propiedades físicas del cianuro de hidrógeno

<b>Cianuro de hidrógeno</b>	
Punto de ebullición (°C)	26
Densidad relativa (aire=1)	0,94
Presión de vapor a 20°C (kPa)	82,6
Punto flash (°C)	-18
Temperatura de autoignición (°C)	538
Límite inferior de explosividad (% volumen en el aire)	5,6
Límite superior de explosividad (% volumen en el aire)	40

**Tabla 28.** Propiedades físicas del dióxido de carbono

<b>Dióxido de carbono</b>	
Punto de ebullición (°C)	-78,5
Densidad relativa (aire=1)	1,5
Presión de vapor a 20°C (kPa)	5720
Temperatura de fusión (°C)	-56,6
Temperatura crítica (°C)	30

**Tabla 29.** Propiedades físicas de la acroleína

<b>Acroleína</b>	
Punto de ebullición (°C)	53
Densidad relativa (aire=1)	1,2
Presión de vapor a 20°C (kPa)	29
Punto flash (°C)	-26
Temperatura de autoignición (°C)	234
Límite inferior de explosividad (% volumen en el aire)	2,8
Límite superior de explosividad (% volumen en el aire)	31

**Tabla 30.** Propiedades físicas del ácido sulfúrico

<b>Ácido sulfúrico</b>	
Punto de ebullición (°C)	340
Densidad relativa (aire=1)	3,4
Presión de vapor a 146°C (kPa)	0,13
Temperatura de fusión (°C)	10

**Tabla 31.** Propiedades físicas del sulfato de amonio

<b>Sulfato de amonio</b>	
Punto de fusión (°C)	257
Densidad relativa (agua=1)	1,78
Temperatura de descomposición (°C)	>235

**Tabla 32.** Propiedades físicas del acetal

<b>Acetal</b>	
Punto de ebullición (°C)	103
Densidad relativa (aire=1)	1,08
Presión de vapor a 20°C (kPa)	2,7
Punto flash (°C)	-21
Temperatura de autoignición (°C)	230
Límite inferior de explosividad (% volumen en el aire)	1,6
Límite superior de explosividad (% volumen en el aire)	10,4

### 10.3. Clasificación de las sustancias según la Directiva Seveso

Una vez realizado el inventario de las sustancias presentes en el proceso, se procede a su clasificación según la Directiva Seveso. Para ello, en primer lugar se clasificarán las sustancias según su inflamabilidad y su toxicidad.

En cuanto a su clasificación según la inflamabilidad, se tiene:

- Líquidos inflamables. Sustancias y preparados cuyo punto de inflamación sea igual o superior a 21 °C e inferior a 55 °C (enunciado de riesgo R10) y que mantengan la combustión.
- Líquidos muy inflamables.
  - 1) 1ª. Sustancias y preparados que puedan calentarse y llegar a inflamarse en contacto con el aire a temperatura ambiente sin ningún tipo de energía añadida (enunciado de riesgo R17).
  - 2ª. Sustancias y preparados cuyo punto de inflamación sea inferior a 55 °C y que permanezcan en estado líquido bajo presión, cuando determinadas formas de tratamiento, por ejemplo presión o temperatura elevadas, puedan crear riesgos de accidentes graves.
- 2) Sustancias y preparados cuyo punto de inflamación sea inferior a 21 °C y que no sean extremadamente inflamables (enunciado riesgo R11, segundo guión).
- Líquidos y gases extremadamente inflamables.
  - 1) Sustancias y preparados líquidos cuyo punto de inflamación sea inferior a 0 °C cuyo punto de ebullición (o cuando se trate de una gama de ebulliciones, el punto de ebullición inicial) a presión normal sea inferior o igual a 35 °C (enunciado de riesgo R12, primer guión).

- 2) Gases inflamables al contacto con el aire a temperatura y presión ambientes (enunciado de riesgo R12, segundo guión) que estén en estado gaseoso o supercrítico.
- 3) Sustancias y preparados líquidos inflamables y muy inflamables mantenidos a una temperatura superior a su punto de ebullición.

Por otra parte, para su clasificación según la toxicidad se realiza atendiendo a lo expuesto en las fichas de seguridad del anexo III del presente proyecto.

Así, la clasificación de las sustancias presentes se muestra en la tabla 33.

**Tabla 33.** Clasificación de las sustancias según su inflamabilidad y toxicidad

<b>SUSTANCIA</b>	<b>INFLAMABILIDAD</b>	<b>TOXICIDAD</b>
<b>Propileno</b>	Extremadamente inflamable	No tóxico
<b>Amoníaco</b>	Inflamable	Tóxico
<b>Oxígeno</b>	No inflamable	No tóxico
<b>Nitrógeno</b>	No inflamable	No tóxico
<b>Agua</b>	No inflamable	No tóxico
<b>Acrlonitrilo</b>	Muy inflamable	Tóxico
<b>Acetonitrilo</b>	Muy inflamable	Tóxico
<b>Cianuro de hidrógeno</b>	Extremadamente inflamable	Tóxico
<b>Dióxido de carbono</b>	No inflamable	No tóxico
<b>Acroleína</b>	Muy inflamable	Tóxico
<b>Ácido sulfúrico</b>	No inflamable	Tóxico
<b>Sulfato de amonio</b>	No inflamable	No tóxico
<b>Acetal</b>	Muy inflamable	No tóxico

Una vez realizada esta clasificación, es posible conocer la cantidad umbral inferior y superior, en toneladas, de cada compuesto (según el anexo I del Real Decreto 840/2015) y poder así determinar si es necesario clasificar la planta de producción de acrlonitrilo según la Directiva Seveso. Cabe destacar que aquellas sustancias que no son inflamables ni tóxicas y no aparecen enumeradas en la parte 2 del anexo, no serán catalogadas como peligrosas y por lo tanto no será necesario comparar su cantidad con los umbrales establecidos. Así, los resultados se muestran en la tabla 34.

**Tabla 34.** Cantidades aproximadas y umbrales de las sustancias

SUSTANCIA	Cantidad aproximada (ton)	Umbral inferior (ton)	Umbral superior (ton)
<b>Propileno</b>	83,65	10	50
<b>Amoníaco</b>	39,69	50	200
<b>Oxígeno</b>	130,74	200	2000
<b>Acrilonitrilo</b>	90,91	50	200
<b>Acetonitrilo</b>	2,73	50	200
<b>Cianuro de hidrógeno</b>	9,09	10	50
<b>Acroleína</b>	0,93	50	200
<b>Ácido sulfúrico</b>	0,91	50	200
<b>Acetal</b>	7,82	50	200

Como se puede observar, las cantidades tanto del propileno como del acrilonitrilo superan los umbrales establecidos en el anexo I del Real Decreto 840/2015 por lo que se debe catalogar la instalación bajo la Directiva Seveso. Según se cita en el artículo 3, apartado 6 del presente real decreto se considerará un establecimiento de nivel superior aquel “establecimiento en el que haya presentes sustancias peligrosas en cantidades iguales o superiores a las especificadas en la columna 3 de la parte 1 o de la parte 2 del anexo I”.

#### 10.4. Clasificación NFPA de las sustancias

**Tabla 35.** Clasificación NFPA de las sustancias

SUSTANCIA	DIAGRAMA
<b>Propileno</b>	
<b>Amoníaco</b>	
<b>Oxígeno</b>	
<b>Nitrógeno</b>	
<b>Agua</b>	

<b>Acrilonitrilo</b>	
<b>Acetonitrilo</b>	
<b>Cianuro de hidrógeno</b>	
<b>Dióxido de carbono</b>	
<b>Acroleína</b>	
<b>Ácido sulfúrico</b>	
<b>Sulfato de amonio</b>	
<b>Acetal</b>	

## 10.5. Identificación y análisis de riesgos

Se entiende por instalación de proceso aquella que lleva asociado un sistema productivo en el que intervienen sustancias químicas que son sometidas a procesos físico-químicos para obtener unos productos. Estas operaciones deben ser desarrolladas en unas determinadas condiciones de trabajo teniendo perfectamente controladas las variables fundamentales del sistema tales como la cantidad y composición de las sustancias químicas, la presión, la temperatura, etc. La instalación se diseña para ser capaz de soportar alteraciones de las condiciones normales de trabajo sin generar daños a personas y bienes.

El análisis de riesgos en este tipo de instalaciones requiere considerar todas las variables que condicionan el proceso, estudiando las variaciones de las mismas ante posibles fallos, así como la capacidad de respuesta de la instalación en base a sus características y a los elementos de seguridad que la constituyen. Tanto las causas como las consecuencias de las posibles alteraciones son muy diversas lo que supone una tarea de análisis compleja.

Para el desarrollo del estudio de la seguridad de un proceso químico se requiere de un trabajo en equipo, constituido por técnicos conocedores de las características y funcionamiento de la instalación y del proceso a desarrollar, así como de unas metodologías que faciliten la reflexión y el análisis en profundidad.

La técnica HAZOP es una técnica de grupo utilizada para la identificación de peligros y problemas de operabilidad como resultado de las desviaciones del proceso de sus condiciones normales de operación. El enfoque es formal y sistemático usando una serie de preguntas y respuestas estructuradas para la identificación de las desviaciones. El principio de la metodología es descubrir los factores que evitan que el sistema a considerar funcione según los objetivos del diseño. Este método se aplica a cada una de las partes o “nodos” en que se divide la instalación (tuberías, equipos, servicios auxiliares, etc.) y de forma sistemática se utilizan unas palabras-guía asociadas a cada una de las variables que intervienen en el proceso: caudal, presión, temperatura, etc., tratando de averiguar la posibilidad de que una causa particular lleve a un mal funcionamiento de la instalación o incluso de lugar a una situación peligrosa.

Es por esto, que al tratarse de una tarea compleja y estricta, que requiere de un trabajo en equipo, se ha decidido no llevarla a cabo de forma individual.

Como guía, la experiencia de los accidentes sucedidos en instalaciones de proceso muestra que las causas de los mismos pueden clasificarse en los siguientes tres grupos:

### **1) Fallos de componentes**

- Diseño inapropiado frente a presión interna, fuerzas externas, corrosión del medio y temperatura.
- Fallos de elementos tales como bombas, compresores, ventiladores, agitadores, etc.
- Fallos de sistemas de control (sensores de presión y temperaturas, controladores de nivel, reguladores de flujos, unidades de control computerizadas, etc.).
- Fallos de sistemas específicos de seguridad (válvulas de seguridad, discos de ruptura, sistemas de alivio de presiones, sistemas de neutralización, avisadores, etc.
- Fallos de juntas y conexiones.

### **2) Desviaciones en las condiciones normales de operación**

- Alteraciones incontroladas de los parámetros fundamentales del proceso (presión, temperatura, flujo, concentraciones).
- Fallos en la adición manual de componentes químicos.
- Insuficiente enfriamiento para reacciones exotérmicas.
- Insuficiente aporte del medio calefactor o vapor.
- Corte del suministro eléctrico.
- Ausencia de nitrógeno o agente inertizante.

- Ausencia de aire comprimido (de instrumentación o de agitación).
- Fallos en los procedimientos de parada o puesta en marcha.
- Formación de subproductos, residuos o impurezas, causantes de reacciones colaterales indeseadas.

### **3) Errores humanos y de organización**

- Errores de operación.
- Desconexión de sistemas de seguridad a causa de frecuentes falsas alarmas.
- Confusión de sustancias peligrosas.
- Errores de comunicación.
- Incorrecta reparación o trabajo de mantenimiento.
- Realización de trabajos no autorizados (soldadura, entrada en espacios confinados).

Cabe destacar que los errores suelen suceder por alguno de los siguientes motivos:

- No conocer suficientemente los riesgos y su prevención.
- Insuficiente formación y adiestramiento en el trabajo.
- Carga psíquica excesiva.

## **10.6. Medidas de seguridad**

### **10.6.1. Seguridad en el diseño**

La seguridad de una instalación de proceso debe iniciarse en la fase de diseño, seleccionando los debidos componentes y montándolos bajo normas y con rigurosos controles de calidad.

Generalmente existen equipos que requieren mantenimientos y sistemas de seguridad severos. Los elementos y sistemas de control deben seguir el criterio del fallo seguro, es decir, en caso de fallo de algún instrumento o falta de algún suministro deben quedar en la situación más segura.

Por otra parte, los recipientes a presión utilizados en la planta están diseñados para soportar una presión y una temperatura de diseño. Para evitar situaciones peligrosas se instalan dispositivos de alivio de presión en los equipos como pueden ser las válvulas de seguridad o los discos de ruptura.

Las válvulas de seguridad consisten en un resorte que mantiene el disco presionado contra un asiento, cerrando la salida del fluido hasta que la presión del sistema es capaz de vencer la presión del resorte. Están diseñadas para que vuelvan a cerrarse y evitar el flujo adicional de fluido una vez reestablecidas las condiciones normales de presión.

Un disco de ruptura es una membrana fabricada en diversos materiales que se diseña para soportar una cierta presión, por encima de la cual se rompe, abriendo totalmente la sección de tubería en la que está instalado. Así, se permite la evacuación o paso del fluido a una presión determinada. La principal diferencia es que un disco de ruptura debe reponerse cada vez que se abre. No obstante, los discos de ruptura presentan una serie de ventajas como: no sufren fugas, bajo coste y mantenimiento sencillo, respuesta instantánea y alta fiabilidad.

Además, en los depósitos de almacenamiento atmosférico se utilizan válvulas de respiración que constan de dos orificios, uno para casos de sobrepresión y otro para casos de vacío.

Las antorchas constituyen el sistema más comúnmente utilizado para eliminar las corrientes de venteo y su diseño es especializado. En la planta de producción de acrilonitrilo se dispone de una antorcha a donde son enviados los gases procedentes de la columna de absorción.

#### **10.6.2. Seguridad en la operación**

La mayoría de los procesos de fabricación químicos son, en mayor o menor medida, inherentemente no seguros, y se pueden desarrollar situaciones peligrosas si las condiciones del proceso se desvían de los valores del diseño. La operación segura de tales procesos depende del diseño y la provisión de dispositivos de seguridad adecuados y de unas buenas prácticas de operación, para prevenir el desarrollo de una situación peligrosa y para minimizar las consecuencias de cualquier incidente que se produzca por un fallo de dichas medidas de seguridad.

El sistema de gestión de la seguridad debe partir de una base sólida definida en una política estricta y firmada por la dirección de la empresa. Así, se deben establecer procedimientos de control y seguimiento de la efectividad.

Según sea la amplitud, complejidad y trascendencia de las actividades afectadas, se pueden realizar diferentes tipos de evaluación como auditorías de seguridad, revisiones e inspecciones de seguridad, investigación de accidentes e incidentes, etc.

#### **10.6.3. Seguridad en el mantenimiento**

Todos los equipos sufren un deterioro con el tiempo debido a las condiciones de trabajo tales como el desgaste, la corrosión, deformaciones, ensuciamiento, etc. Antes de que este deterioro llegue a comprometer la seguridad de la planta se debe actuar reparándolo o reemplazándolo. En este sentido todo componente de una instalación, como los elementos de seguridad, en especial si son funcionalmente activos, deben estar sometidos a un programa de mantenimiento preventivo para garantizar su correcto estado, y además a un mantenimiento predictivo que garantice su renovación antes de haberse agotado su vida media, establecida por su fabricante.



A continuación se muestran tabuladas las distancias horizontales que separan los equipos de la planta de producción de acrilonitrilo según lo especificado en el plano de implantación.

**Tabla 36.** Distancias entre equipos

<b>Equipos</b>	<b>Distancia recomendada (m)</b>	<b>Distancia real mínima (m)</b>
<b>Bomba-Bomba</b>	1,52	1,55
<b>Bomba-Intercambiador de calor</b>	3,05	4,22
<b>Bomba-Reactor</b>	3,05	19,42
<b>Bomba-Columnas</b>	3,05	3,54
<b>Bomba-Compresor</b>	9,15	29,24
<b>Intercambiador de calor-Intercambiador de calor</b>	1,52	2,36
<b>Intercambiador de calor-Reactor</b>	4,57	10,21
<b>Intercambiador de calor-Columnas</b>	3,05	3,05
<b>Intercambiador de calor-Compresor</b>	9,15	10,98
<b>Reactor-Reactor</b>	4,57	4,57
<b>Reactor-Columnas</b>	7,62	22,37
<b>Reactor-Compresor</b>	15,25	18,28
<b>Columnas-Columnas</b>	4,57	9,80
<b>Columnas-Compresor</b>	15,25	31,27

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- [1] WOLFGANG, G. et al. (eds). *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 5<sup>a</sup> ed. Weinheim: Editorial Advisory Board, 1985.
- [2] AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. *The Sohio acrylonitrile process*. A National Historic Chemical Landmark. BP Chemicals, Inc. Warrensville Heights, Ohio: Noviembre, 2007.
- [3] GROVER, A., SHARMA, M., PATEL, D., MITRA, S. *Manufacture of acrylonitrile (via Sohio process)*. SRM University, India: 2012.
- [4] BREF. *Prevención y control integrados de la contaminación (IPPC): Documento de referencia de Mejores Técnicas Disponibles en la Industria Química Orgánica de gran Volumen de Producción (LVOC)*. Febrero, 2003.
- [5] ICIS, Información de mercado de confianza para los mercados de químicos, energía y fertilizantes [sitio web]. Disponible en: <http://www.icis.com/>
- [6] SMART EXPORT, Portal dedicado a la exportación [sitio web]. Disponible en: <http://www.smartexport.com/es/Acrilonitrilo.292610.html>
- [7] YANG QIN, M. *Acrylonitrile, World Market Overview*. Tecnon OrbiChem. Mayo, 2015.
- [8] PUERTO DE A CORUÑA, Autoridad Portuaria de A Coruña. Zona de Actividades Logísticas de Vío [sitio web]. Disponible en: <http://www.puertocoruna.com/es/oportunidades-negocio/puerto-entorno/suelo/vio.html>
- [9] INGESTIN, Real Estate. Servicios inmobiliarios para empresas [sitio web]. Disponible en: <http://www.ingestin.com/poligono-industrial-de-vio-a-coruna-a-coruna/>
- [10] DIMIAN, A. C., BILDEA, C. S. *Chemical Process Design: Computer-Aided Case Studies*. Weinheim: Editorial Wiley Verlag GmbH &Co, 2008.
- [11] SINNOTT, R., TOWLER, G. *Diseño en ingeniería química*. 5<sup>a</sup> ed. Barcelona: Editorial Reverté, 2009.
- [12] LIPTÁK, B.G. *Instrument engineer's handbook. Volume II: Process Control and Optimization*. Taylor & Francis ed. United States, 2006.
- [13] PERRY, R.H., GREEN, D.W. *Manual del ingeniero químico*. 7<sup>a</sup> ed. Madrid: Editorial Mc Graw Hill, 2001.

[14] LANKHUIJEN, S.P. *The Acrolein and Acrylonitrile Synthesis over a Bismuth Molybdate Catalyst*. Holanda; 1979.

[15] ACRYLONITRILE CEFIC SECTOR GROUP. Guidelines for the distribution of acrylonitrile. Marzo, 2014

[16] HOPPER, J.R., YAWS, C.L., HO T.C., VICHAILAK, M. *Waste minimization by process modification*. Lamar University, Department of Chemical Engineering, Beaumont; Texas; 1993.

[17] BOE, Boletín Oficial del Estado [sitio web]. Disponible en: <https://www.boe.es/>

[18] NTP 238. Los análisis de peligros y de operabilidad en instalaciones de proceso

[19] IRI, Industrial Risk Insurers. *Plant layout and spacing for oil and chemical plants*. Junio, 1991.

[20] BACKHURST, J.R., HARKER, J.H. *Process plant design*. Londres: Editorial Heinemann Educational Books, 1973.

[21] SANDER, R. *Compilation of Henry's law constants for water as solvent*. Atmospheric Chemistry and Physics: Alemania, 2015.

[22] LEVENSPIEL, O. *Ingeniería de las Reacciones Químicas*. 3ª ed. México: Editorial Limusa-Wiley, 2004.

[23] SANTAMARÍA, J.M., HERGUIDO, J., MENÉNDEZ, M.A., MONZÓN, A. *Ingeniería de Reactores*. Madrid: Editorial Síntesis, 2002.

[24] McCALLION, J. *New separation approach saves catalyst and energy*. Chemical Processing. Julio, 1996.

[25] AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA [sitio web]. Disponible en: <http://www.aemet.es>

[26] INE, Instituto Nacional de Estadística [sitio web]. Disponible en: <http://www.ine.es/>

[27] CHEMICAL ENGINEERING. Essentials for the CPI profesional [sitio web]. Disponible en: <http://www.chemengonline.com/>

[28] SMITH, R. *Chemical Process Design and Integration*. Inglaterra: Editorial John Wiley & Sons, 2005.

**Patentes**

US 5914424 A. Process for producing acrylonitrile, 1999.

US 3960925 A. Production of acrylonitrile by ammoxidation of propylene, 1976.

US 4102914 A. Process for preparing acrylonitrile, 1978.

US 4222899 A. Ammoxidation catalyst, 1978.

# **ANEXO I**

## Balances de materia y energía

## ÍNDICE

1. BALANCE DE MATERIA GLOBAL .....	3
2. BALANCES DE MATERIA INDIVIDUALES .....	4
2.1. Reactor R-101 .....	4
2.1. Reactor R-102.....	5
2.3. Apagador T-101.....	6
2.4. Separador de fases S-201.....	7
2.5. Columna de absorción T-201 .....	8
2.6. Columna de destilación extractiva T-202.....	9
2.7. Columna de destilación T-203.....	10
2.8. Columna de destilación T-301.....	11
2.9. Columna de destilación T-302.....	12
3. BALANCES DE ENERGÍA .....	13

## 1. BALANCE DE MATERIA GLOBAL

Tabla 1. Balance de materia global del proceso

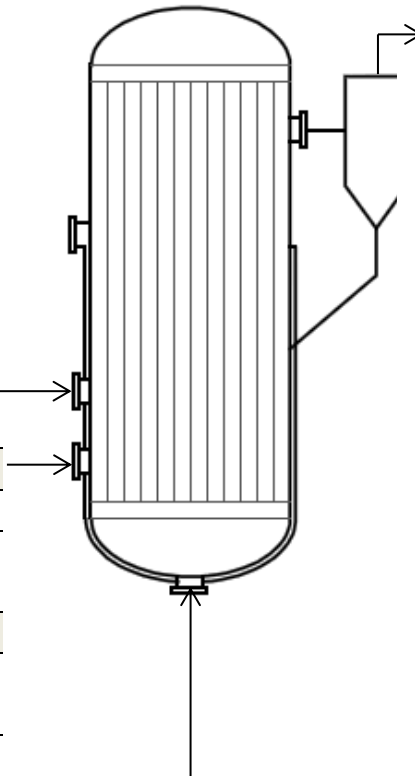
	<b>Entrada (kg/h)</b>	<b>Salida (kg/h)</b>
<b>Propeno</b>	3485,59	68,34
<b>Amoníaco</b>	1653,67	-
<b>Oxígeno</b>	5447,40	1308,77
<b>Nitrógeno</b>	17931,01	17931,01
<b>Agua</b>	15947,25	20558,88
<b>Acrilonitrilo</b>	-	3888,89
<b>Acetonitrilo</b>	-	116,67
<b>Ácido cianhídrico</b>	-	388,89
<b>Dióxido de carbono</b>	-	38,89
<b>Acroleína</b>	-	38,89
<b>Ácido sulfúrico</b>	325,89	-
<b>Sulfato de amonio</b>	-	438,96
<b>Impurezas pesadas</b>	-	12,63
<b>TOTAL</b>	<b>44790,82</b>	<b>44790,82</b>

## 2. BALANCES DE MATERIA INDIVIDUALES

### 2.1. Reactor R-101

Corriente 3	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Propeno	1742,80
<b>TOTAL</b>	<b>1742,80</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	150,0
Presión (atm)	2,0

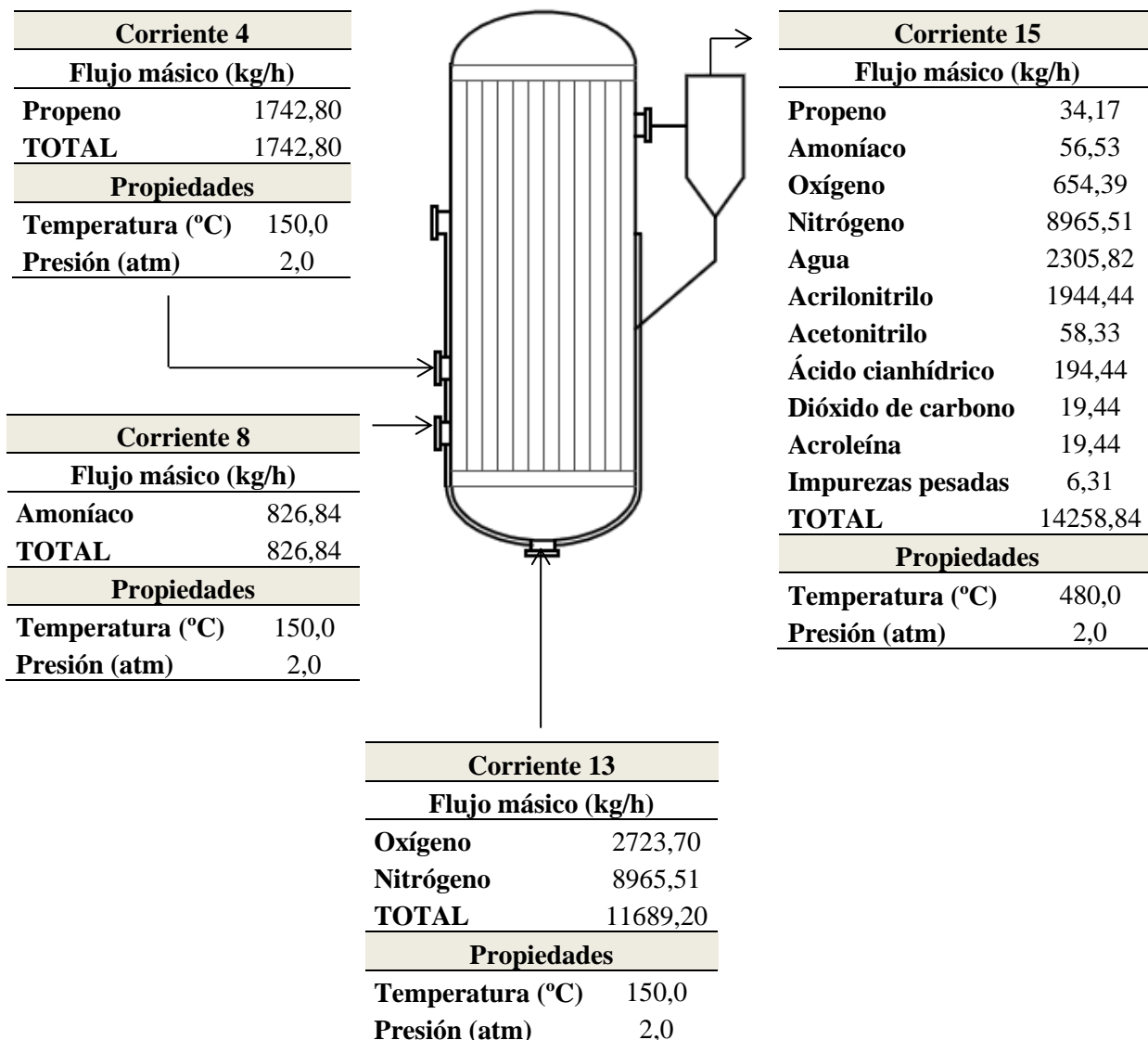
Corriente 7	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Amoníaco	826,84
<b>TOTAL</b>	<b>826,84</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	150,0
Presión (atm)	2,0



Corriente 14	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Propeno	34,17
Amoníaco	56,53
Oxígeno	654,39
Nitrógeno	8965,51
Agua	2305,82
Acrolonitrilo	1944,44
Acetonitrilo	58,33
Ácido cianhídrico	194,44
Dióxido de carbono	19,44
Acroleína	19,44
Impurezas pesadas	6,31
<b>TOTAL</b>	<b>14258,84</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	480,0
Presión (atm)	2,0

Corriente 12	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Oxígeno	2723,70
Nitrógeno	8965,51
<b>TOTAL</b>	<b>11689,20</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	150,0
Presión (atm)	2,0

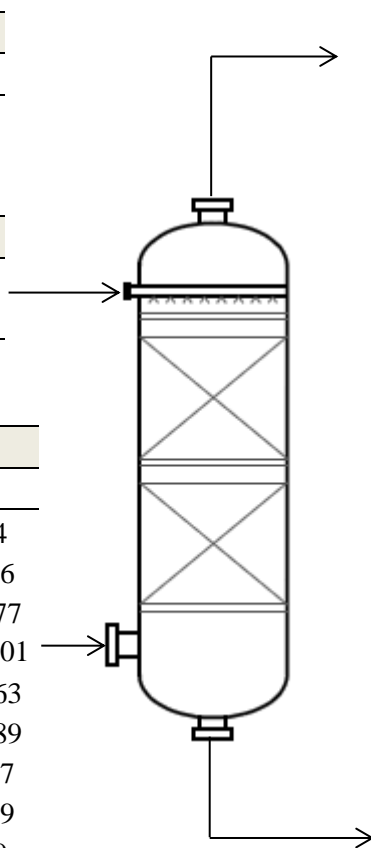
## 2.1. Reactor R-102



### 2.3. Apagador T-101

Corriente 18	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Agua	166,27
Ácido sulfúrico	325,89
<b>TOTAL</b>	<b>492,16</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	25,0
Presión (atm)	1,0

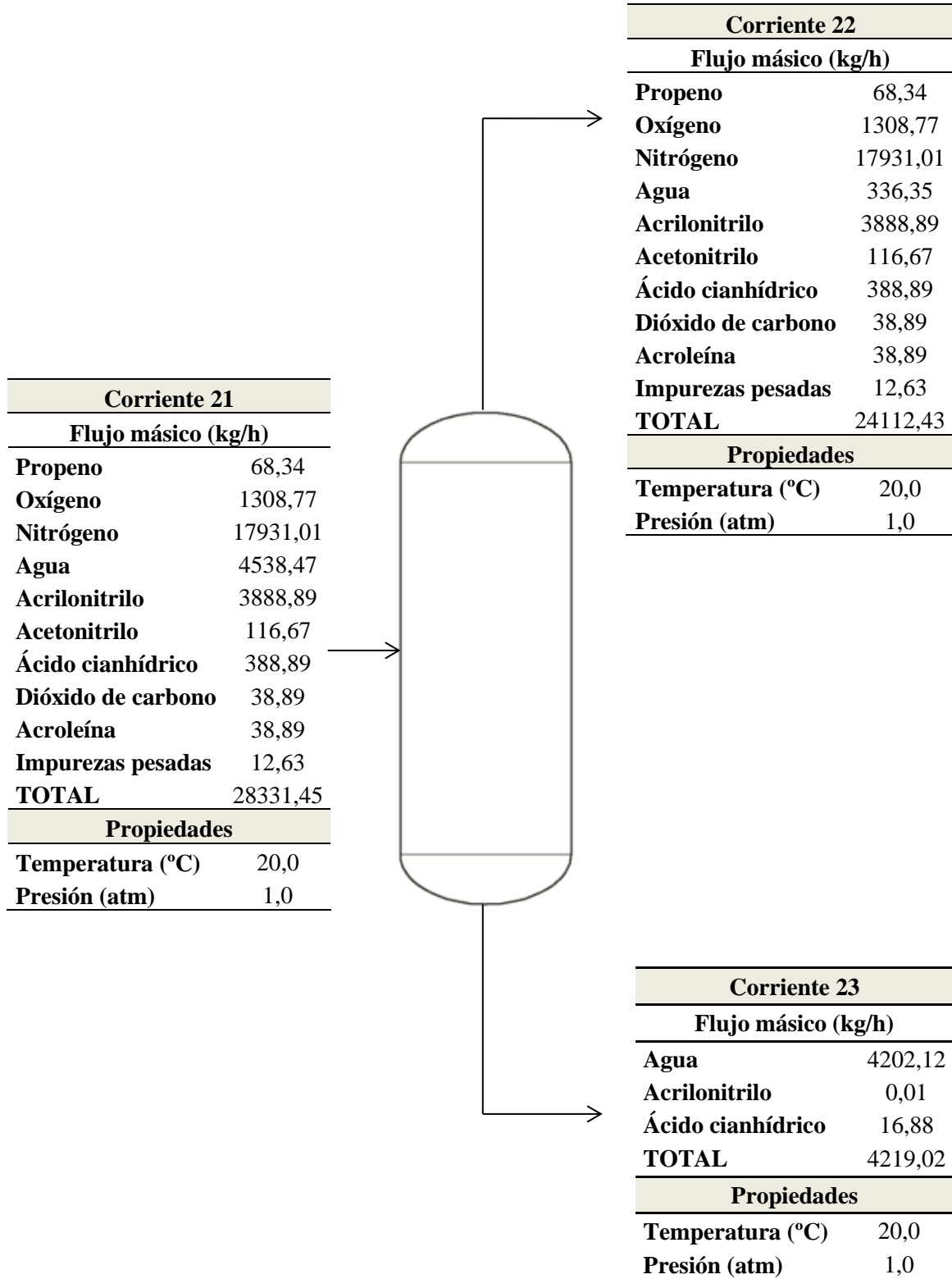
Corriente 17	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Propeno	68,34
Amoníaco	113,06
Oxígeno	1308,77
Nitrógeno	17931,01
Agua	4611,63
Acrilonitrilo	3888,89
Acetonitrilo	116,67
Ácido cianhídrico	388,89
Dióxido de carbono	38,89
Acroleína	38,89
Impurezas pesadas	12,63
<b>TOTAL</b>	<b>28517,67</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	200,2
Presión (atm)	2,0



Corriente 20	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Propeno	68,34
Oxígeno	1308,77
Nitrógeno	17931,01
Agua	4538,47
Acrilonitrilo	3888,89
Acetonitrilo	116,67
Ácido cianhídrico	388,89
Dióxido de carbono	38,89
Acroleína	38,89
Impurezas pesadas	12,63
<b>TOTAL</b>	<b>28331,45</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	100,4
Presión (atm)	1,0

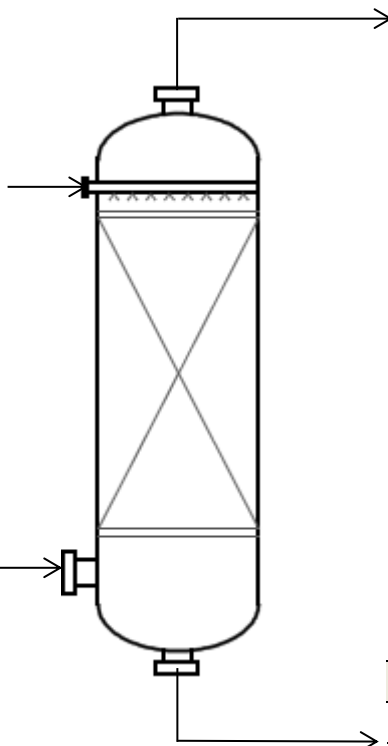
Corriente 19	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Agua	239,43
Sulfato de amonio	438,96
<b>TOTAL</b>	<b>678,39</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	100,4
Presión (atm)	1,0

### 2.4. Separador de fases S-201



## 2.5. Columna de absorción T-201

Corriente 34	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Agua	25803,27
Acetonitrilo	1,85
<b>TOTAL</b>	<b>25805,12</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	9,0
Presión (atm)	1,0



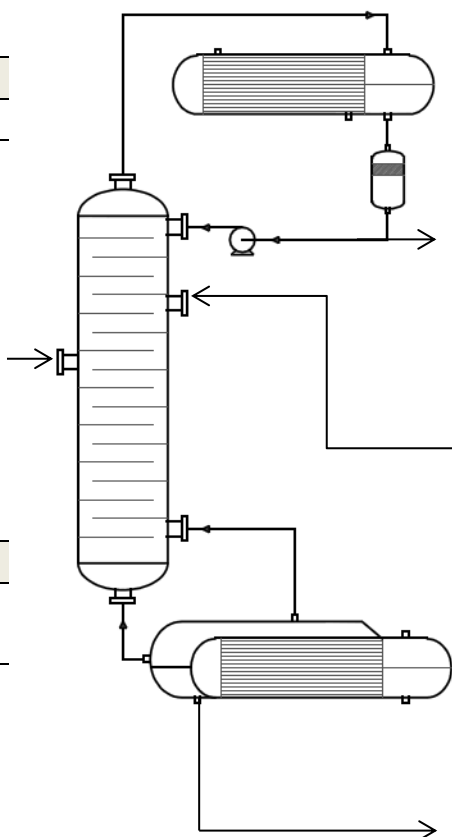
Corrientes 24	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Propeno	68,34
Oxígeno	1306,16
Nitrógeno	17913,08
Agua	453,85
Acrilonitrilo	3,89
Dióxido de carbono	38,81
Acroleína	0,78
<b>TOTAL</b>	<b>19784,91</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	8,0
Presión (atm)	1,0

Corriente 22	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Propeno	68,34
Oxígeno	1308,77
Nitrógeno	17931,01
Agua	336,35
Acrilonitrilo	3888,89
Acetonitrilo	116,67
Ácido cianhídrico	388,89
Dióxido de carbono	38,89
Acroleína	38,89
Impurezas pesadas	12,63
<b>TOTAL</b>	<b>24112,43</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	20,0
Presión (atm)	1,0

Corriente 25	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Oxígeno	2,62
Nitrógeno	17,93
Agua	29887,90
Acrilonitrilo	3885,00
Acetonitrilo	118,51
Ácido cianhídrico	388,89
Dióxido de carbono	0,08
Acroleína	38,11
Impurezas pesadas	12,63
<b>TOTAL</b>	<b>30132,64</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	25,0
Presión (atm)	1,0

## 2.6. Columna de destilación extractiva T-202

<b>Corriente 27</b>	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Oxígeno	2,62
Nitrógeno	17,93
Agua	29887,90
Acrilonitrilo	3884,99
Acetonitrilo	118,51
Ácido cianhídrico	372,00
Dióxido de carbono	0,08
Acroleína	38,11
Impurezas pesadas	12,63
<b>TOTAL</b>	<b>34351,66</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	80,0
Presión (atm)	1,0

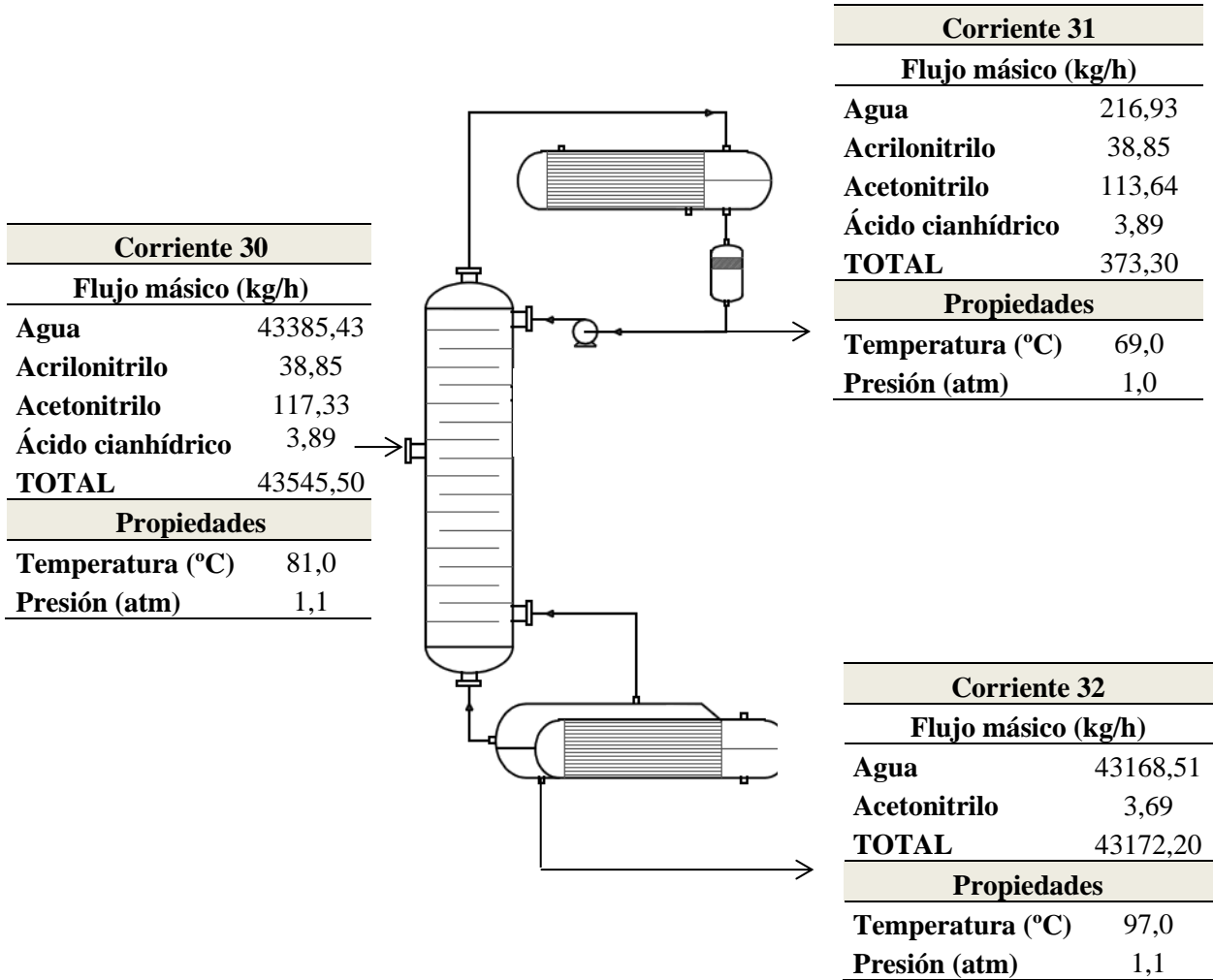


<b>Corriente 28</b>	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Oxígeno	2,62
Nitrógeno	17,93
Agua	2283,44
Acrilonitrilo	3846,15
Acetonitrilo	1,19
Ácido cianhídrico	385,00
Dióxido de carbono	0,08
Acroleína	38,11
Impurezas pesadas	12,63
<b>TOTAL</b>	<b>6587,14</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	58,0
Presión (atm)	0,9

<b>Corriente 29</b>	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Agua	15780,98
<b>TOTAL</b>	<b>15780,98</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	75,6
Presión (atm)	1,0

<b>Corriente 30</b>	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Agua	43385,43
Acrilonitrilo	38,85
Acetonitrilo	117,33
Ácido cianhídrico	3,89
<b>TOTAL</b>	<b>43545,50</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	81,0
Presión (atm)	1,1

**2.7. Columna de destilación T-203**

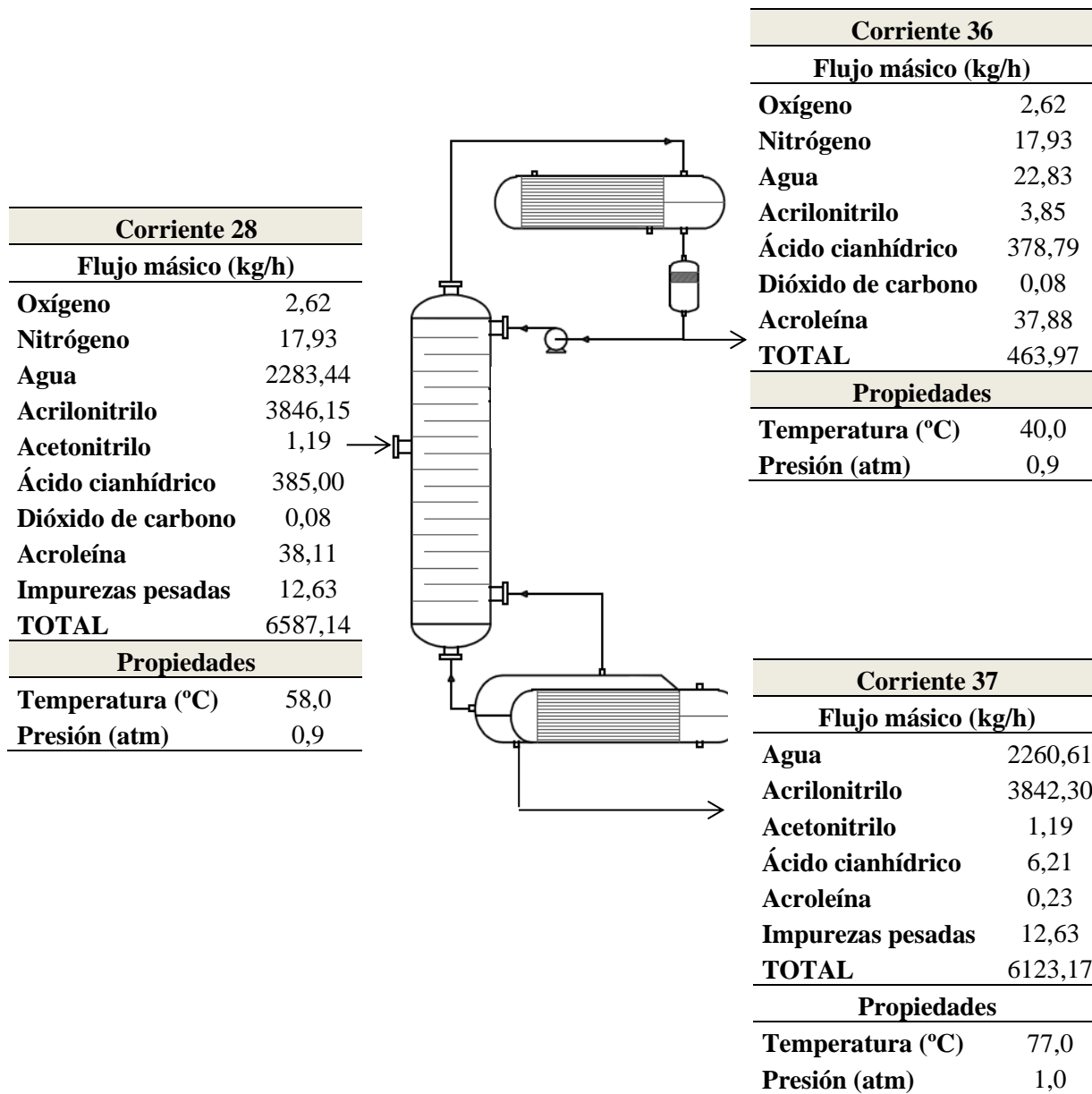


<b>Corriente 30</b>	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Agua	43385,43
Acrilonitrilo	38,85
Acetonitrilo	117,33
Ácido cianhídrico	3,89
<b>TOTAL</b>	<b>43545,50</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	81,0
Presión (atm)	1,1

<b>Corriente 31</b>	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Agua	216,93
Acrilonitrilo	38,85
Acetonitrilo	113,64
Ácido cianhídrico	3,89
<b>TOTAL</b>	<b>373,30</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	69,0
Presión (atm)	1,0

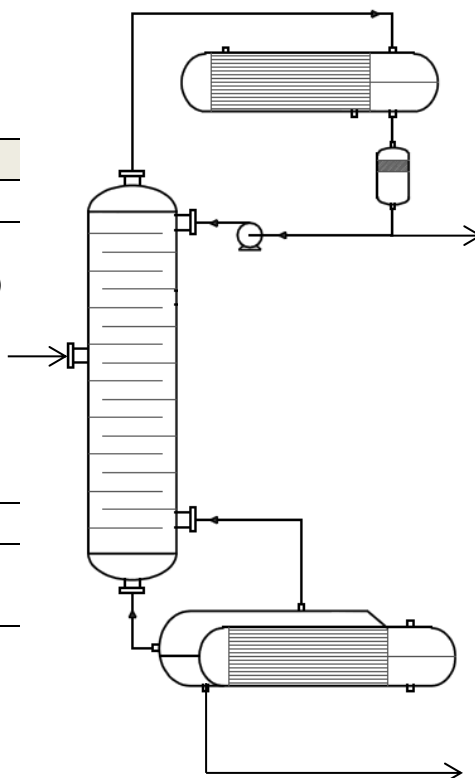
<b>Corriente 32</b>	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Agua	43168,51
Acetonitrilo	3,69
<b>TOTAL</b>	<b>43172,20</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	97,0
Presión (atm)	1,1

## 2.8. Columna de destilación T-301



## 2.9. Columna de destilación T-302

<b>Corriente 37</b>	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Agua	2260,61
Acrilonitrilo	3842,30
Acetonitrilo	1,19
Ácido cianhídrico	6,21
Acroleína	0,23
Impurezas pesadas	12,63
<b>TOTAL</b>	<b>6123,17</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	77,0
Presión (atm)	1,0



<b>Corriente 38</b>	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Agua	45,21
Acrilonitrilo	3787,88
Acetonitrilo	1,19
Ácido cianhídrico	6,21
Acroleína	0,23
Impurezas pesadas	0,13
<b>TOTAL</b>	<b>3840,85</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	73,0
Presión (atm)	1,0

<b>Corriente 39</b>	
<b>Flujo másico (kg/h)</b>	
Agua	2215,40
Acrilonitrilo	54,43
Impurezas pesadas	12,50
<b>TOTAL</b>	<b>2282,32</b>
<b>Propiedades</b>	
Temperatura (°C)	88,0
Presión (atm)	1,0

### 3. BALANCES DE ENERGÍA

En los procesos químicos, los términos de energía cinética y potencial del balance de energía son generalmente pequeños comparados con los términos de calor y trabajo y es por esto que se pueden considerar despreciables. Además, en muchos procesos también se puede considerar cero el término de trabajo. Así, la ecuación general utilizada para realizar el balance de energía a las unidades del proceso es:

$$Q = F_s \cdot H_s - F_e \cdot H_e \quad [1]$$

donde

Q es el calor transferido a través de los límites del sistema, positivo para el calor que entra y negativo para el que se libera del sistema.

F<sub>e</sub> y F<sub>s</sub> son los caudales molares de las corrientes de entrada y salida, kmol/h

H<sub>e</sub> y H<sub>s</sub> son las entalpías molares de las corrientes de entrada y salida, kJ/kmol

Para realizar el balance de energía, se necesitan conocer algunas propiedades medias de las corrientes como la capacidad calorífica. Para ello, se ha hecho uso del programa *AspenHysys*.

**Tabla 2.** Propiedades de las corrientes

Propiedad	1	2	3	4	5
Temperatura (°C)	35,0	150,0	150,0	150,0	35,0
Presión (atm)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Cp (kJ/kmol·°C)	66,6	84,3	84,3	84,3	36,5

**Tabla 3.** Propiedades de las corrientes

Propiedad	6	7	8	9	10
Temperatura (°C)	150,0	150,0	150,0	25,0	80,0
Presión (atm)	2,0	2,0	2,0	1,0	2,0
Cp (kJ/kmol·°C)	39,3	39,3	39,3	28,7	29,1

**Tabla 4.** Propiedades de las corrientes

Propiedad	11	12	13	14	15
Temperatura (°C)	150,0	150,0	150,0	480,0	480,0
Presión (atm)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Cp (kJ/kmol·°C)	29,4	29,4	29,4	39,5	39,5

**Tabla 5.** Propiedades de las corrientes

<b>Propiedad</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	480,0	200,2	25,0	100,4	100,4
<b>Presión (atm)</b>	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
<b>Cp (kJ/kmol·°C)</b>	39,4	35,6	138,8	132,5	34,0

**Tabla 6.** Propiedades de las corrientes

<b>Propiedad</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	20,0	20,0	20,0	8,0	25,0
<b>Presión (atm)</b>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<b>Cp (kJ/kmol·°C)</b>	41,8	32,5	72,7	29,9	73,4

**Tabla 7.** Propiedades de las corrientes

<b>Propiedad</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	22,0	80,0	58,0	75,6	81,0
<b>Presión (atm)</b>	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1
<b>Cp (kJ/kmol·°C)</b>	73,3	71,1	78,4	73,2	73,3

**Tabla 8.** Propiedades de las corrientes

<b>Propiedad</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	69,0	97,0	97,0	9,0	97,0
<b>Presión (atm)</b>	1,0	1,1	1,1	1,0	1,1
<b>Cp (kJ/kmol·°C)</b>	79,7	73,9	73,9	73,1	73,9

**Tabla 9.** Propiedades de las corrientes

<b>Propiedad</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	40,0	77,0	73,0	88,0
<b>Presión (atm)</b>	0,9	1,0	1,0	1,0
<b>Cp (kJ/kmol·°C)</b>	37,9	62,3	101,8	73,0

## Anexo I. Balances de materia y energía

Los resultados obtenidos de calor intercambiado para el cumplimiento del balance de energía de la ecuación 1, se muestran en la tabla 10.

**Tabla 10.** Calor intercambiado

	<b>Q<sub>intercambiado</sub> (kW)</b>
<b>R-101/R-102</b>	-4406,27
<b>T-101</b>	-1208,98
<b>S-201</b>	5,53
<b>T-201</b>	-469,68
<b>T-202</b>	-1471,27
<b>T-203</b>	750,64
<b>T-301</b>	1278,33
<b>T-302</b>	-1179,93

Por otra parte, para el cálculo del calor transferido en los intercambiadores de calor del proceso se ha seguido el procedimiento indicado en el anexo II de cálculos justificativos. En el mismo, se dice que para determinar la necesidad calorífica conocida la temperatura de suministro de la corriente y la temperatura que se desea alcanzar y obviando las pérdidas de calor por convección y radiación para el diseño, se debe cumplir el balance de energía calorífica de forma que el calor transferido para el cambio debe ser suministrado por la corriente con la que se intercambia calor.

Cuando solo se intercambia calor sensible, el balance energético viene dado por la ecuación 2.

$$Q = m_i \cdot C_{p_i} \cdot \Delta T_i \quad [2]$$

donde

Q = calor transferido por unidad de tiempo, W

$m_i$  = caudal másico de la corriente i, kg/s

$C_{p_i}$  = capacidad calorífica del fluido, J/kg·°C

$\Delta T_i$  = diferencia de temperaturas de la corriente i, °C

De forma general, cuando existe cambio de fase que lleva asociado un calor latente la ecuación 2 se convierte en la ecuación 3.

$$Q = m \cdot C_{p_g} \cdot (T_0 - T_{eb}) + m \cdot \lambda + m \cdot C_{p_l} \cdot (T_{eb} - T_f) \quad [3]$$

donde

$\lambda$  = calor latente asociado al cambio de fase, J/kg

$T_{eb}$  = temperatura de ebullición del fluido, °C

## Anexo I. Balances de materia y energía

Así, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 11.

**Tabla 11.** Calor intercambiado

	<b>Q<sub>intercambiado</sub> (kW)</b>
<b>E-101</b>	201,07
<b>E-102</b>	118,43
<b>E-103</b>	459,21
<b>E-104</b>	3644,92
<b>E-201</b>	6364,37
<b>E-202</b>	2037,90
<b>E-207</b>	2572,87

Cabe destacar, que aunque no haya sido considerado en el presente proyecto, se podría llevar a cabo una integración energética aprovechando, por ejemplo, el calor liberado en el reactor para la calentar la alimentación, entre otras.

# **ANEXO II**

Cálculos justificativos

## ÍNDICE

1. INTERCAMBIADORES DE CALOR.....	4
1.1. Introducción .....	4
1.2. Caracterización de las corrientes y selección del intercambiador .....	5
1.3. Ecuación de transmisión de calor .....	6
1.4. Diferencia de temperatura promedio.....	9
1.5. Consideraciones generales .....	11
1.5.1. Tubos .....	11
1.5.2. Carcasa .....	12
1.6. Coeficiente de transmisión de calor .....	14
1.6.1. Coeficiente individual de transmisión en el interior de los tubos .....	14
1.6.2. Coeficiente individual de transmisión en la carcasa.....	16
1.7. Caída de presión en un intercambiador .....	18
1.7.1. Caída de presión en el lado de los tubos.....	19
1.7.2. Caída de presión en el lado de la carcasa .....	20
1.8. Intercambiador de calor E-101 .....	21
1.9. Intercambiador de calor E-102.....	24
1.10. Intercambiador de calor E-103 .....	27
1.11. Caída de presión en los intercambiadores .....	30
2. ABSORCIÓN .....	31
2.1. Introducción .....	31
2.2. Selección del disolvente .....	31
2.3. Selección del equipo de contacto .....	32
2.4. Selección del relleno .....	33
2.5. Diseño de la columna .....	34
2.5.1. Balance de materia y equilibrio .....	34
2.5.2. Determinación de la altura de relleno.....	36
2.5.3. Diámetro de la columna.....	38
2.5.4. Caída de presión a través del relleno .....	39
2.6. Columna T-201 .....	40
2.7. Diseño del interior de la columna .....	45
3. REACTOR.....	47

## Anexo II. Cálculos justificativos

3.1. Introducción .....	47
3.2. Tipo de reactor .....	47
3.3. Catalizador .....	47
3.4. Cinética química.....	48
3.5. Dimensionamiento del reactor .....	49
3.6. Cantidad de catalizador .....	51
3.7. Reactor R-101 .....	52
3.8. Diseño del interior del reactor.....	53
4. DISEÑO MECÁNICO .....	54
4.1. Introducción .....	54
4.2. Condiciones de operación .....	54
4.3. Selección del material .....	54
4.4. Corrosión permisible.....	55
4.5. Espesor de la carcasa.....	55
4.6. Espesor de los cabezales .....	57
4.7. Dimensiones del cilindro y el cabezal.....	57
4.8. Peso del recipiente vacío .....	58
4.9. Espesor del aislante .....	59
4.10. Soporte para equipos .....	60
4.11. Intercambiador de calor E-101 .....	62
4.12. Intercambiador de calor E-102.....	65
4.13. Intercambiador de calor E-103.....	68
4.14. Columna de absorción T-201 .....	71
4.15. Reactor R-101 y R-102 .....	72

# 1. INTERCAMBIADORES DE CALOR

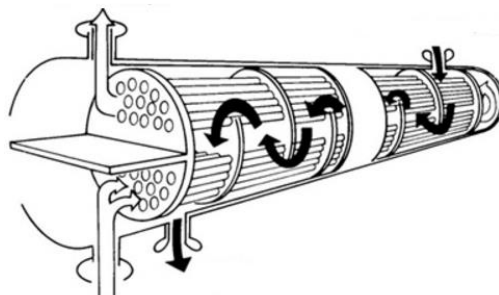
## 1.1. Introducción

En la mayor parte de los procesos químicos, la transferencia de calor hacia y desde fluidos del proceso es una parte esencial de los mismos ya que en cualquier proceso a nivel industrial, se presentan diferencias en los niveles energéticos entre las distintas etapas existentes. Los intercambiadores de calor constituyen los equipos que tienen la finalidad de aumentar o disminuir la energía calorífica de una corriente de proceso y el más comúnmente utilizado es el intercambiador de carcasa y tubos, elegido para el diseño de los intercambiadores del presente proyecto.

La configuración de los intercambiadores de carcasa y tubos presenta una serie de ventajas:

- Ofrece un gran área superficial en un volumen pequeño
- Buen diseño mecánico: puede operar a presión
- Técnicas de fabricación conocidas y bien establecidas
- Amplia gama de materiales de construcción
- Limpieza fácil
- Procedimientos de diseño bien establecidos

Este tipo de intercambiadores están compuestos por un haz de tubos cilíndricos, por el cual circula un fluido, montado en el interior de una carcasa cilíndrica que los recoge. Los extremos de los tubos se acoplan en unas láminas que separan los fluidos externo e interno del tubo. La carcasa cuenta con unos deflectores que dirigen el caudal y soportan los tubos. El intercambio de calor se produce a través de las paredes de los tubos con el fluido que circula por el interior de la carcasa.



**Figura 1.** Intercambiador de calor de carcasa y tubos

Para el diseño de este tipo de intercambiadores se emplea un procedimiento de cálculo iterativo debido a que se desconocen dos de las variables que intervienen en la ecuación general de intercambio de calor, el área y el coeficiente global de intercambio de calor.

Las características del diseño mecánico, la fabricación, los materiales de construcción, y las pruebas de este tipo de intercambiadores se especifican en los estándares de la *American Tubular Exchanger Manufacturers Association*, TEMA.

## 1.2. Caracterización de las corrientes y selección del intercambiador

El primer paso del diseño es caracterizar las corrientes definiendo que fluido refrigerante o calefactor se va a utilizar y su temperatura. Las propiedades de las corrientes (viscosidad, densidad, capacidad calorífica, conductividad térmica, etc.) se han estimado con ayuda de la herramienta *AspenHysys*.

Por otra parte, se han de seleccionar ciertas características del intercambiador de calor. Para el diseño de los intercambiadores del presente proyecto se ha adoptado una circulación en contracorriente por razones de eficiencia y será de un paso por carcasa y dos pasos por tubo (1/2). En cuanto a la disposición de los fluidos en el equipo, se siguen una serie de criterios basados en heurísticas y datos bibliográficos.

Por un lado, cuando no se produce un cambio de fase:

- El fluido más corrosivo se asigna al lado de los tubos pues reduce el coste de aleaciones caras o componentes con revestimiento.
- El fluido con mayor tendencia al ensuciamiento debe circular por tubos ya que se consideran más sencillos de limpiar y así se consigue un mejor control sobre la velocidad del fluido en el diseño.
- El fluido con valores altos de temperatura y presión se aconseja que circulen por tubos por razones de coste y seguridad.
- El fluido con la menor caída de presión permisible se debe asignar al lado de los tubos. Para la misma caída de presión, se obtendrá un coeficiente de transferencia de calor mayor en el lado de los tubos.
- Los fluidos de menor caudal suelen ofrecer un diseño más económico si circulan por el lado de la carcasa.

Por otro lado:

- En cambios de fase total de la corriente, el flujo de vapor circulará por carcasa a excepción de los *reboilers*.
- La condensación parcial tiene lugar en el interior de los tubos horizontales con la finalidad de evitar la acumulación de alguna de las fases en el interior de la carcasa.
- Por la construcción del equipo, el vapor de calefacción circulará por el interior de los tubos en los *reboilers* de las columnas.

También hay que tener en cuenta las especificaciones de flujo de las corrientes. Cuando las velocidades son elevadas dan coeficientes de transferencia de calor elevados y reducen el ensuciamiento pero a su vez aumentan la caída de presión. Así, la velocidad debe ser lo suficientemente elevada para prevenir cualquier decantación de sólidos en suspensión, pero no tan elevada como para provocar erosión.

### 1.3. Ecuación de transmisión de calor

A continuación, se determina la necesidad calorífica conocida la temperatura de suministro de la corriente y la temperatura que se desea alcanzar. Obviando las pérdidas de calor por convección y radiación para el diseño, se debe cumplir el balance de energía calorífica de forma que el calor transferido para el cambio debe ser suministrado por la corriente con la que se intercambia calor.

Cuando solo se intercambia calor sensible, el balance energético viene dado por la ecuación 1.

$$Q = m_i \cdot C_{p_i} \cdot \Delta T_i \quad [1]$$

donde

$Q$  = calor transferido por unidad de tiempo, W  
 $m_i$  = caudal másico de la corriente  $i$ , kg/s  
 $C_{p_i}$  = capacidad calorífica del fluido, J/kg·°C  
 $\Delta T_i$  = diferencia de temperaturas de la corriente  $i$ , °C

De forma general, cuando existe cambio de fase que lleva asociado un calor latente la ecuación 1 se convierte en la ecuación 2.

$$Q = m \cdot C_{p_g} \cdot (T_0 - T_{eb}) + m \cdot \lambda + m \cdot C_{p_l} \cdot (T_{eb} - T_f) \quad [2]$$

donde

$\lambda$  = calor latente asociado al cambio de fase, J/kg  
 $T_{eb}$  = temperatura de ebullición del fluido, °C

## Anexo II. Cálculos justificativos

La ecuación general para la transmisión de calor a través de una superficie viene dada por la ecuación 3.

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_m \quad [3]$$

donde

- Q = calor transferido por unidad de tiempo, W
- U = coeficiente global de transmisión de calor,  $W/m^2 \cdot ^\circ C$
- A = área de intercambio,  $m^2$
- $\Delta T_m$  = diferencia media de temperaturas,  $^\circ C$

Una vez conocido el calor transferido, para determinar el área superficial requerida para una especificación dada se necesita el coeficiente global de transmisión de calor. El valor de dicho coeficiente a su vez está ligado a la construcción del equipo y al área calculada. Es por esto el diseño se convierte en un proceso iterativo.

Este coeficiente es el inverso de la resistencia a la transferencia de calor, que es la suma de las diversas resistencias individuales. Para un intercambiador típico, la relación entre el coeficiente global y los coeficientes individuales viene dada por la ecuación 4.

$$\frac{1}{U_0} = \frac{1}{h_0} + \frac{1}{h_{0d}} + \frac{d_0 \cdot \ln\left(\frac{d_0}{d_i}\right)}{2 \cdot k_w} + \frac{d_0}{d_i} \cdot \frac{1}{h_{id}} + \frac{d_0}{d_i} \cdot \frac{1}{h_i} \quad [4]$$

donde

- $U_0$  = coeficiente global basado en el área externa del tubo,  $W/m^2 \cdot ^\circ C$
- $h_0, h_i$  = coeficientes individuales en el exterior e interior de los tubos, respectivamente,  $W/m^2 \cdot ^\circ C$
- $h_{of}, h_{if}$  = coeficientes de ensuciamiento en el exterior e interior de los tubos, respectivamente,  $W/m^2 \cdot ^\circ C$  (tabla 1)
- $k_w$  = conductividad térmica del material de los tubos,  $W/m \cdot ^\circ C$
- $d_0, d_i$  = diámetros externo e interno de los tubos, m

Para los factores de ensuciamiento existen unos intervalos de valores experimentales mostrados en la tabla 1.

**Tabla 1.** Valores típicos del factor de ensuciamiento

<b>Fluido</b>	<b>Coefficiente (W/m<sup>2</sup> °C)</b>	<b>Factor (resistencia) (m<sup>2</sup> °C/W)</b>
Agua de río	3000–12 000	0,0003–0,0001
Agua de mar	1000–3000	0,001–0,0003
Agua de enfriamiento (torres)	3000–6000	0,0003–0,00017
Agua de ciudad (blanda)	3000–5000	0,0003–0,0002
Agua de ciudad (dura)	1000–2000	0,001–0,0005
Condensado de vapor de agua	1500–5000	0,00067–0,0002
Vapor de agua (sin aceite)	4000–10 000	0,0025–0,0001
Vapor de agua (trazas de aceite)	2000–5000	0,0005–0,0002
Salmuera refrigerada	3000–5000	0,0003–0,0002
Aire y gases industriales	5000–10 000	0,0002–0,0001
Gases de chimenea	2000–5000	0,0005–0,0002
Vapores orgánicos	5000	0,0002
Líquidos orgánicos	5000	0,0002
Hidrocarburos ligeros	5000	0,0002
Hidrocarburos pesados	2000	0,0005
Orgánicos en ebullición	2500	0,0004
Orgánicos condensantes	5000	0,0002
Fluidos de transferencia de calor	5000	0,0002
Soluciones acuosas de sal	3000–5000	0,0003–0,0002

El valor de los coeficientes individuales dependerá de la naturaleza del proceso de intercambio de calor (conducción, convección, ebullición o radiación), de las propiedades físicas de los fluidos, de los caudales de los fluidos y de la disposición física de la superficie de transferencia de calor. Como ya fue introducido, no se puede determinar el diseño físico del intercambiador hasta conocer su área por lo que se debe seguir un procedimiento de cálculo iterativo con los siguientes pasos típicos a seguir:

1. Definir las condiciones de trabajo: velocidad de transferencia de calor, caudales de los fluidos, temperaturas.
2. Disponer de las propiedades físicas necesarias de los fluidos: densidad, viscosidad, conductividad térmica.
3. Decidir el tipo de intercambiador a utilizar.
4. Seleccionar un valor de prueba para el coeficiente global, U.
5. Calcular la diferencia de temperatura media logarítmica.
6. Calcular el área requerida a partir de la ecuación 3.
7. Decidir el diseño del intercambiador
8. Calcular los coeficientes individuales.
9. Calcular el coeficiente global de transmisión de calor y comparar con el valor inicial y recalculer el área hasta convergencia.
10. Calcular la caída de presión del intercambiador.

## Anexo II. Cálculos justificativos

Siguiendo este procedimiento, para la selección de un primer valor estimado del coeficiente global, se utilizan valores típicos tabulados obtenidos en base a la experiencia.

**Tabla 2.** Valores típicos del coeficiente global de transmisión

Tipo	Fluido caliente	Fluido frío	U (W/m <sup>2</sup> ·°C)
<b>Calentadores</b>	Vapor de agua	Agua	1500-4000
	Vapor de agua	Orgánicos	500-1000
	Vapor de agua	Gases	30-300
<b>Condensadores</b>	Vapores acuosos	Agua	1000-1500
	Vapores orgánicos	Agua	700-1000
	Compuestos orgánicos	Agua	500-700
	(algunos no condensables)		
<b>Evaporadores</b>	Vapor de agua	Agua	1000-1500
	Vapor de agua	Orgánicos ligeros	900-1200
	Vapor de agua	Orgánicos pesados	600-900

### 1.4. Diferencia de temperatura promedio

El siguiente paso consiste en determinar el valor de la fuerza impulsora que se corresponde con el último término de la ecuación 3. Normalmente se calcula a partir de las diferencias de temperatura en los terminales, entrada y salida del intercambiador. La temperatura media logarítmica es aplicable cuando no existen cambios en los calores específicos, el coeficiente de transferencia de calor global es constante, y no hay pérdidas de calor. Para la circulación en contracorriente, se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T_1 - T_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} \quad [5]$$

donde

$\Delta T_{ml}$  = diferencia de temperaturas media logarítmica, °C

T1,T2 = temperaturas de entrada y salida del fluido que circula por carcasa, °C

t1,t2 = temperaturas de entrada y salida del fluido que circula por los tubos, °C

En la práctica, se estima el valor de la diferencia de temperaturas media logarítmica aplicándole un factor que tiene en cuenta el alejamiento del verdadero flujo en contracorriente y se aplica de acuerdo con la ecuación 6.

$$\Delta T_m = F \cdot \Delta T_{ml} \quad [6]$$

## Anexo II. Cálculos justificativos

donde

$\Delta T_m$  = diferencia de temperaturas media real para el diseño, °C

F = factor de corrección de la temperatura

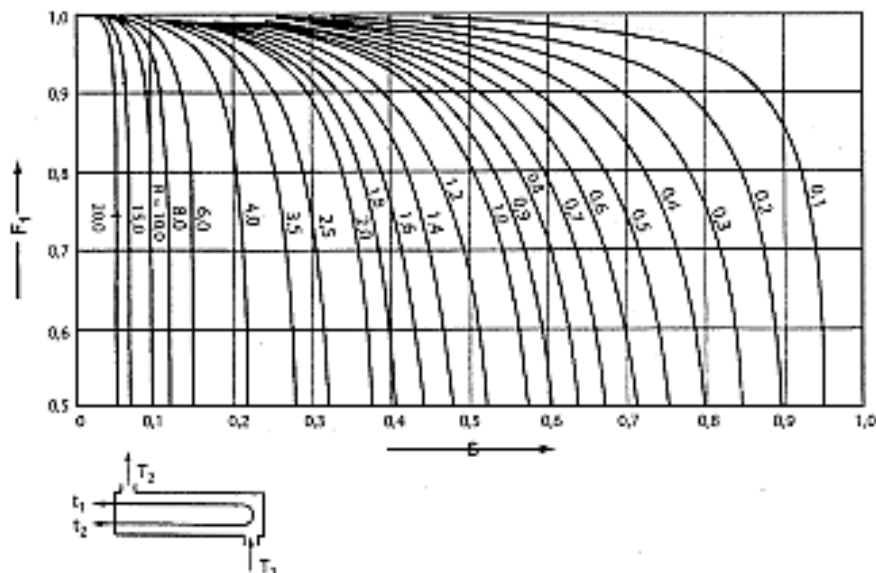
El factor de corrección es una función de las temperaturas del fluido del tubo y la carcasa, y del número de pasos. Normalmente, se expresa como función de dos relaciones adimensionales de temperaturas:

$$R = \frac{(T_1 - T_2)}{(t_2 - t_1)} \quad [7]$$

$$S = \frac{(t_2 - t_1)}{(T_1 - t_1)} \quad [8]$$

R es igual al caudal del fluido del lado de la carcasa multiplicado por el calor específico promedio del fluido; dividido por el caudal del fluido del lado de los tubos multiplicado por el calor específico del fluido del lado de los tubos. Mientras que S es una medida de la eficiencia del intercambiador.

A partir de estos valores, mediante el empleo de gráficas recogidas en los estándares TEMA, se puede determinar el factor de corrección de la temperatura para las distintas configuraciones. En este caso, se emplea la figura para intercambiadores de un paso por carcasa y dos o más pasos pares por tubo.



**Figura 2.** Factor de corrección de temperatura para un paso por carcasa y dos o más por tubos

## Anexo II. Cálculos justificativos

Para lograr un diseño económico, se recomienda que el factor de corrección no sea inferior a 0,75. En estas circunstancias, se debe considerar un tipo alternativo de intercambiador de calor.

### 1.5. Consideraciones generales

En este apartado, se consideran los aspectos generales a tener en cuenta tanto en el diseño de los tubos como de la carcasa.

#### 1.5.1. Tubos

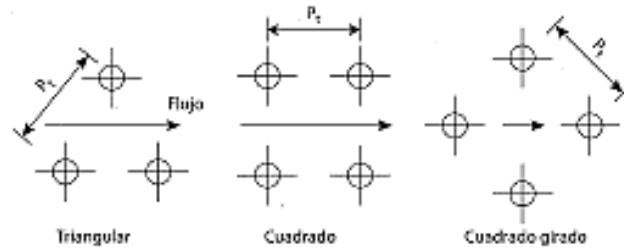
El estándar de diseño TEMA para la construcción de intercambiadores establece una serie de parámetros a tener en cuenta en lo que se refiere a los tubos y a la disposición de los mismos. Los diámetros permitidos están entre 6,4 y 50 mm, pero los diámetros menores, de 16 a 25 mm son los que se utilizan en la mayoría de los casos ya que permiten construir intercambiadores más compactos y por lo tanto más económicos. En cuanto a las longitudes preferentes, van desde 6 a 24 ft. Para una superficie dada, el uso de tubos más largos reducirá el diámetro de la carcasa, siendo la relación óptima entre la longitud del tubo y el diámetro de la carcasa un valor dentro del intervalo de 5 a 10. En la siguiente tabla se recogen los diámetros estándares y los espesores de pares para tubos de acero.

**Tabla 3.** Valores de diámetro estándar para tubos en intercambiadores

Diámetro externo (mm)	Espesor de pared (mm)				
	1,2	1,7	2,1	-	-
16	-	1,7	2,1	2,8	-
19	-	1,7	2,1	2,8	3,4
25	-	1,7	2,1	2,8	3,4
32	-	-	2,1	2,8	3,4
38	-	-	2,1	2,8	3,4
50	-	-	2,1	2,8	3,4

Generalmente, los tubos de un intercambiador están dispuestos en forma de triángulo equilátero, cuadrado o cuadrado rotado. En este caso, se ha optado por la disposición en triángulo ya que ofrece velocidades mayores de transferencia de calor, pero a expensas de mayor caída de presión que la disposición en cuadrado.

## Anexo II. Cálculos justificativos



**Figura 3.** Disposiciones de los tubos

La distancia entre los centros de los tubos, o *pitch*, recomendada es de 1,25 veces el diámetro exterior del tubo.

En lo que al número de pasos se refiere, el diseño básico se direcciona en una circulación de ida y vuelta en un número de pasos a través de los tubos para aumentar la longitud de la trayectoria de circulación. Se ha de seleccionar un número de pasos para conseguir la velocidad a través de los tubos que necesita el diseño y para conseguir los pasos requeridos, se colocan platos que dividen los cabezales del intercambiador. Como ya se indicó, en el presente proyecto se diseñan los intercambiadores con un paso por carcasa y dos por tubos.

Además, cabe destacar que como material de construcción de los equipos se selecciona el acero al carbono como un material económico y aceptable que se adapta a las condiciones de operación y naturaleza de los fluidos. En el caso en que circulen fluidos corrosivos se preferirá acero inoxidable.

**Tabla 4.** Conductividad térmica del acero para la construcción de los tubos

Material	Temperatura (°C)	$K_w$ (W/m·°C)
Acero al carbono	50-100	58
Acero inoxidable	0-100	16

### 1.5.2. Carcasa

El diámetro de la carcasa se debe seleccionar de modo que se ajuste lo máximo posible al haz de tubos, para evitar que el líquido pase a la parte exterior del haz .

El diámetro del haz no sólo depende del número de tubos sino también del número de pasos de los tubos, ya que se deben dejar espacios en el patrón de los tubos para acomodar los platos de partición de paso. Para la estimación del diámetro del haz se dispone de la ecuación empírica 11, basada en la distribución estándar de los tubos y que es función del número de tubos.

## Anexo II. Cálculos justificativos

$$N_t = \frac{A}{A_t} \quad [9]$$

siendo

$$A_t = d_0 \cdot \pi \cdot L \quad [10]$$

$$D_b = d_0 \left( \frac{N_t}{K_1} \right)^{1/n_1} \quad [11]$$

donde

$N_t$  = número de tubos

$D_b$  = diámetro del haz de tubos, mm

$d_0$  = diámetro externo del tubo, mm

$K_1, n_1$  = constantes dependientes de la disposición de los tubos, presentadas en la tabla 4 para un patrón triangular y pitch de  $1,25 \cdot d_0$

**Tabla 5.** Constantes para la determinación del diámetro del haz

Nº de pasos	1	2
<b>K<sub>1</sub></b>	0,319	0,249
<b>n<sub>1</sub></b>	2,142	2,207

El espacio requerido entre los tubos más exteriores del haz y el diámetro interno de la carcasa, dependerá del tipo de intercambiador y de las tolerancias de fabricación siendo los valores típicos los mostrados en la figura 4. En este caso se ha determinado para cabezal flotante de anillo partido.

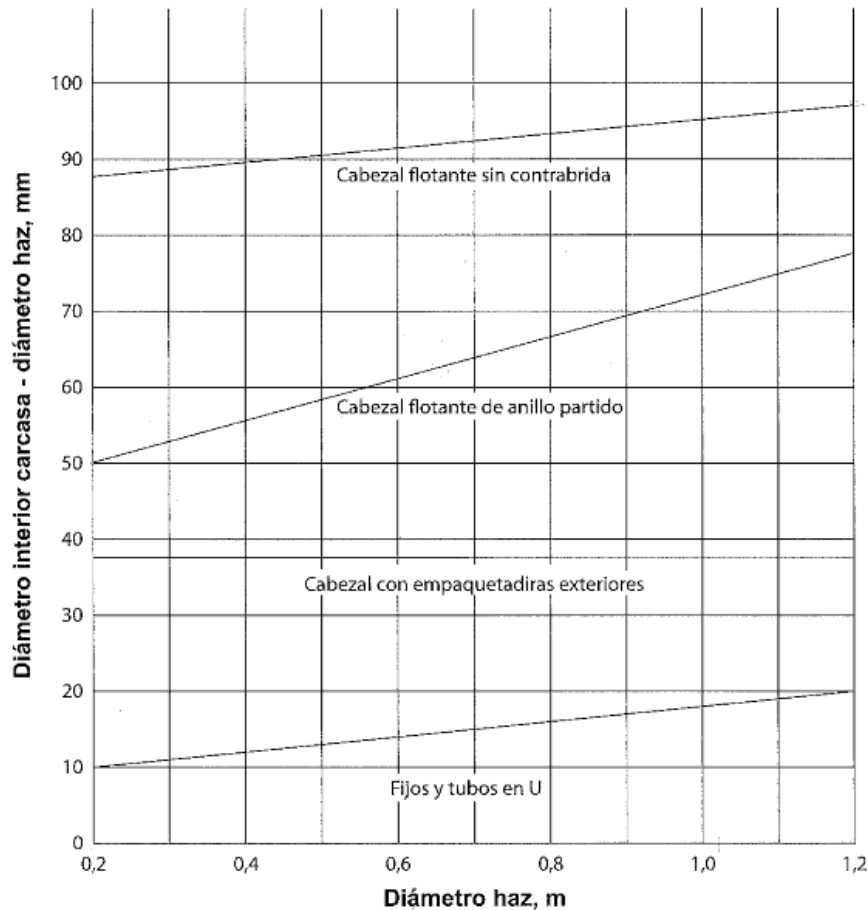


Figura 4. Espacio entre haz y carcasa

Por otra parte, como ya se ha dicho, se utilizan deflectores en la carcasa para direccionar la corriente del fluido a través de los tubos, aumentando la velocidad del fluido y, por tanto, mejorando la velocidad de transferencia. El tipo de deflector más comúnmente usado es el de segmentación, con un valor de corte entre 20 y 25% del diámetro del mismo, dando buenas velocidades de transferencia, sin una caída de presión excesiva. Para la disposición de los mismos, se distancian entre sí de 0,2 a 1,0 veces el diámetro de la carcasa, dependiendo de la pérdida de carga permisible.

## 1.6. Coeficiente de transmisión de calor

En este apartado se expone la metodología empleada para obtener el coeficiente individual de transmisión de calor en el lado de los tubos y en el lado de la carcasa.

### 1.6.1. Coeficiente individual de transmisión en el interior de los tubos

Para evaluar el coeficiente interno de transmisión de calor se emplea el número adimensional *Nusselt*, que representa el aumento de la transmisión de calor en un sistema por convección respecto a la transmisión por conducción. En el presente trabajo se ha optado por la ecuación 12 para evaluar dicho módulo.

## Anexo II. Cálculos justificativos

$$Nu = j_h \cdot Re \cdot Pr^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14} \quad [12]$$

donde

$j_h$  = factor de transferencia de calor del lado de los tubos obtenido a partir de la figura 5

$Nu$  = número adimensional *Nusselt*

$Re$  = número adimensional Reynolds

$Pr$  = número adimensional Prandtl,

$\mu$  = viscosidad a la temperatura del fluido

$\mu_w$  = viscosidad a la temperatura de la pared

siendo

$$Re = \frac{\rho \cdot d_i \cdot u_i}{\mu} \quad [13]$$

$$Pr = \frac{C_p \cdot \mu}{k_f} \quad [14]$$

donde

$u_i$  = velocidad del fluido al paso por los tubos, m/s

$d_i$  = diámetro interno del tubo, mm

$C_p$  = calor específico del fluido, J/kg·°C

El factor de corrección de la viscosidad se evalúa en función de la temperatura de la pared y en la mayor parte de los casos puede obviarse ya que su valor no resulta muy significativo, a excepción del caso de líquidos viscosos.

Por otra parte, para obtener el factor de transferencia de calor del lado de los tubos se hace uso de la figura 5.

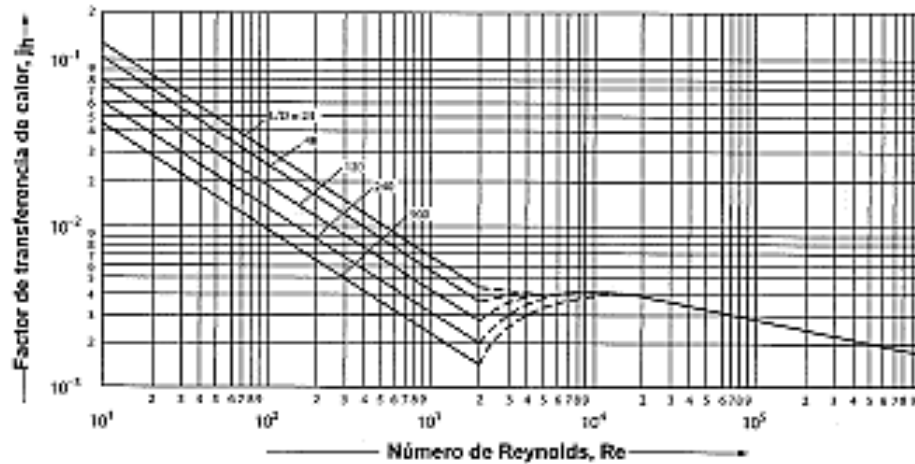


Figura 5. Factor de transmisión de calor del lado de los tubos

Así, con todos los parámetros definidos, es posible obtener el coeficiente individual a partir de la ecuación 15.

$$h_i = \frac{Nu \cdot k_f}{d_i} \quad [15]$$

### 1.6.2. Coeficiente individual de transmisión en la carcasa

La transferencia de calor del lado de la carcasa se correlaciona de manera similar a la del flujo por tubos, usando una velocidad y diámetro de carcasa hipotéticos. La complejidad del patón de circulación en el lado de la carcasa, y el gran número de variables involucradas, hacen difícil predecir con total garantía el coeficiente de transferencia de calor y la caída de presión en el lado de la carcasa.

En este caso, se ha decidido emplear el método de Kern que se basa en trabajos experimentales con intercambiadores comerciales, con tolerancias estándares y predice valores razonablemente satisfactorios para el coeficiente de transferencia de calor. Debido a que el área transversal del flujo varía con el diámetro de la carcasa, las velocidades máxicas y lineales se basan en el área máxima para circulación cruzada, y el diámetro equivalente se calcula usando el área de circulación entre los tubos tomados en la dirección axial y el perímetro mojado de los mismos.

A continuación se describe el procedimiento seguido para un intercambiador de paso por carcasa sencillo:

## Anexo II. Cálculos justificativos

En primer lugar, se calcula el área de circulación hipotética mediante la expresión 16.

$$A_s = \frac{p_t - d_0}{p_t} \cdot D_s \cdot l_B \quad [16]$$

donde

$D_s$  = diámetro interno de la carcasa, m

$l_B$  = espacio del deflector, m

Obtenido el valor del área hipotética, se evalúa la velocidad másica del lado de la carcasa  $G_s$  y la velocidad lineal  $u_s$  mediante las expresiones 17 y 18.

$$G_s = \frac{W_s}{A_s} \quad [17]$$

$$u_s = \frac{G_s}{\rho} \quad [18]$$

donde

$W_s$  =caudal másico del fluido en el lado de la carcasa, kg/s

El siguiente paso es evaluar el diámetro equivalente del lado de la carcasa para una disposición triangular y un pitch de  $1,25 \cdot d_0$ .

$$d_e = \frac{4 \cdot \left(\frac{p_t}{2}\right) \cdot 0,87 \cdot p_t - \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \frac{d_0^2}{4}}{\frac{\pi \cdot d_0}{2}} = \frac{1,10}{d_0} \cdot (p_t^2 - 0,917 \cdot d_0^2) \quad [19]$$

A partir de los datos calculados, se pueden hallar los módulos adimensionales necesarios para el cálculo del coeficiente. Así:

$$Re = \frac{G_s \cdot d_e}{\mu} \quad [20]$$

$$Pr = \frac{C_p \cdot \mu}{k_f} \quad [21]$$

En este caso, para el cálculo del *Nusselt* se hace uso de la ecuación 12 pero obteniendo el factor de transferencia de calor a partir de la figura 6, en función del Reynolds y del corte deflector seleccionado, en este caso 25%.

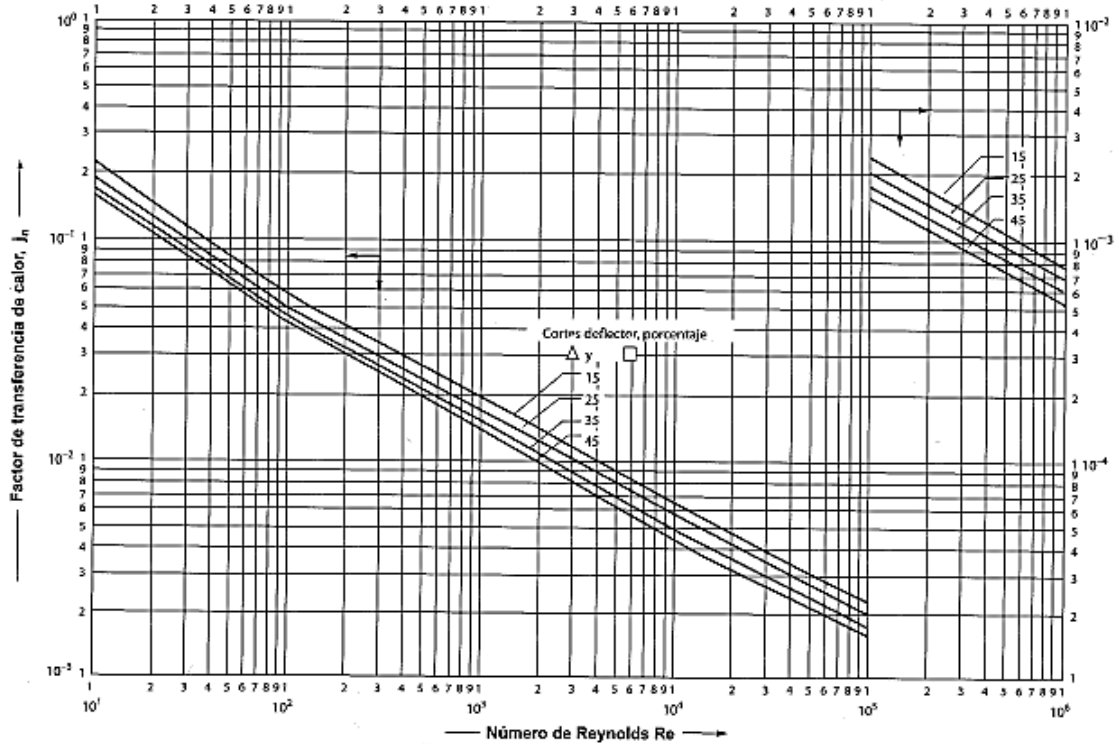


Figura 6. Factor de transmisión de calor del lado de la carcasa

Por último, se obtiene el coeficiente de transmisión de calor del lado de la carcasa como:

$$h_s = \frac{Nu \cdot k_f}{d_e} \quad [22]$$

Obtenidos los valores de los coeficientes individuales, se calcula el valor del coeficiente global de transmisión de calor  $U$  a partir de la ecuación 4 y se comprueba que el valor no difiera en gran medida del supuesto para realizar los cálculos, en ese caso se repetiría el proceso hasta convergencia.

En el presente proyecto, han sido diseñados los intercambiadores de calor situados en la alimentación al reactor que tienen como objetivo adecuar la corriente de entrada al mismo. En ellos no tiene lugar un cambio de estado por lo que sólo se han tratado los casos en los que se producía una transmisión de calor sensible entre los fluidos, sin especificar el diseño de condensadores, calderas y evaporadores.

### 1.7. Caída de presión en un intercambiador

En muchas aplicaciones, la caída de presión disponible para el paso de los fluidos a través del intercambiador se establece en las condiciones del proceso. Como guía general, se dispone de la tabla 6 con los valores más habituales.

**Tabla 6.** Caída de presión máxima admisible en un intercambiador

<b>Líquidos</b>	50-70 kPa
<b>Gases y vapores (1 a 2 bar)</b>	0,5 · P <sub>manométrica</sub>
<b>Gases y vapores (&gt;10 bar)</b>	0,1 · P <sub>manométrica</sub>

**1.7.1. Caída de presión en el lado de los tubos**

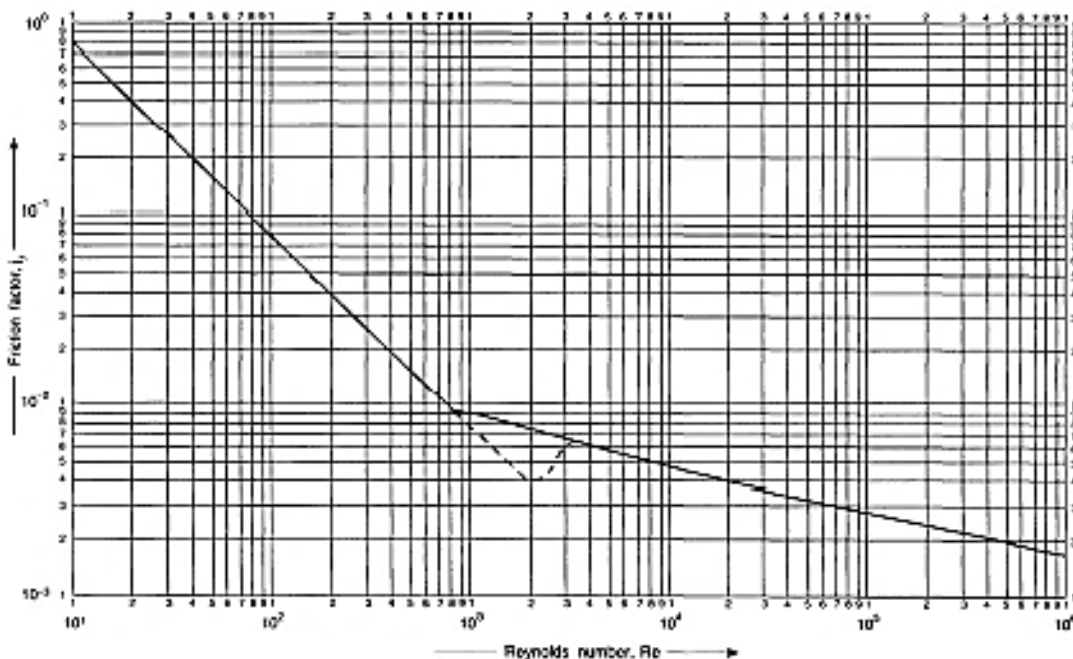
Existen dos causas principales de pérdida de presión en el lado de los tubos de un intercambiador de carcasa y tubos: la pérdida de fricción en los tubos y las pérdidas debidas a la contracción y expansión repentina y los cambios de la circulación que experimenta el fluido en su circulación a través de la disposición de los tubos.

La pérdida de presión de un fluido que circula por el lado de los tubos en régimen no isotérmico viene dada por la expresión 23.

$$\Delta P_t = N_p \cdot \left[ 8 \cdot j_f \cdot \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-m} + 2,5 \right] \cdot \frac{\rho \cdot u_t^2}{2} \quad [23]$$

donde

- ΔP<sub>t</sub> = caída de presión del lado de los tubos, Pa
- N<sub>p</sub> = número de pasos por tubo
- u<sub>t</sub> = velocidad del lado de los tubos, m/s
- j<sub>f</sub> = factor de fricción, obtenido a partir de la figura 7
- m = factor dependiente del régimen de flujo: 0,25 para laminar y 0,14 para turbulento



**Figura 7.** Factor de fricción del lado de los tubos

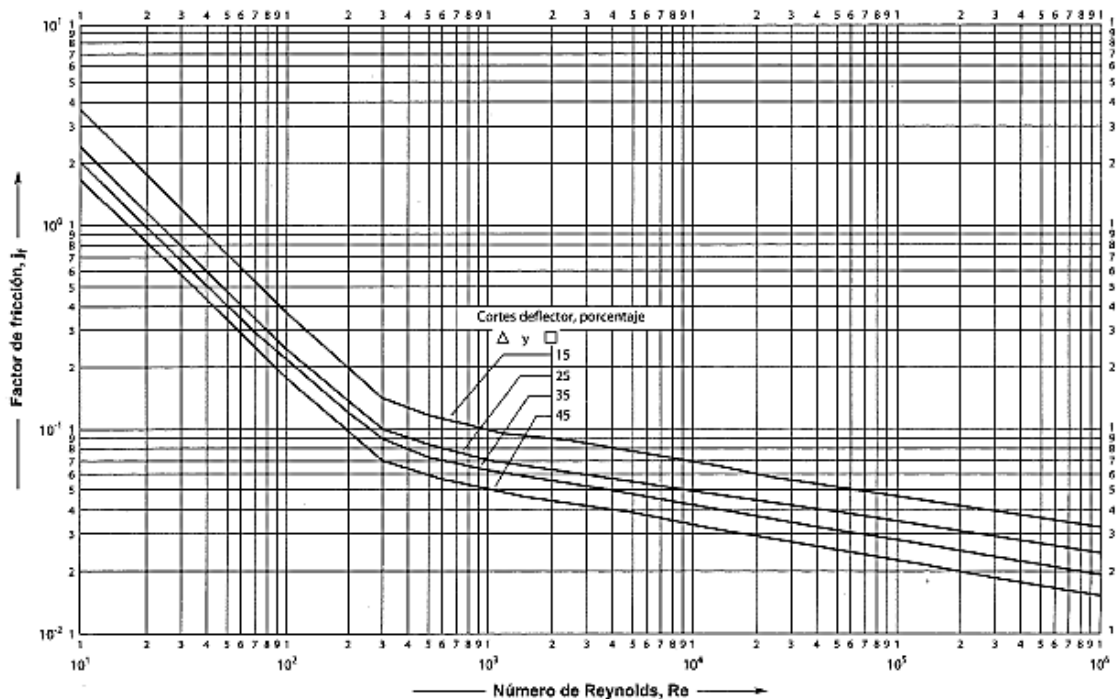
### 1.7.2. Caída de presión en el lado de la carcasa

El patrón de circulación en la carcasa de un intercambiador de calor con deflectores segmentados es complejo, y esto hace que la predicción de la caída de presión del lado de la carcasa sea más complicada que para el lado de los tubos.

En este caso, la expresión para el cálculo es:

$$\Delta P_s = 8 \cdot j_f \cdot \left(\frac{D_s}{d_e}\right) \cdot \left(\frac{L}{l_B}\right) \cdot \frac{\rho \cdot \mu_s^2}{2} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{-0,14} \quad [24]$$

El término  $(L/l_B)$  es el número de veces que el flujo cruza el haz de tubos  $= (N_b + 1)$ , siendo  $l_B$  el espacio del deflector y  $N_b$  el número de deflectores.



**Figura 8.** Factor de fricción para el lado de la carcasa

## 1.8. Intercambiador de calor E-101

El intercambiador E-101 se encuentra situado en la línea de alimentación de propileno, previo a la entrada al reactor. El objetivo del mismo es alcanzar una temperatura adecuada para que se produzca la reacción.

Se trata de un intercambiador de carcasa y tubos con cabezal flotante de anillo partido que emplea como medio calefactor vapor de agua a media presión. La transmisión de calor tiene lugar por condensación del vapor sobre los tubos horizontales del intercambiador.

En cuanto al material de construcción, se escoge acero al carbono.

### 1.8.1. Propiedades físicas de los fluidos

Tabla 7. Propiedades físicas de los fluidos

	<b>Carcasa</b>	<b>Tubos</b>
<b>Fluido</b>	Vapor de agua	Propileno
<b>T<sub>entrada</sub> (°C)</b>	180	35
<b>T<sub>salida</sub> (°C)</b>	180	150
<b>m (kg/s)</b>	0,094	0,968
<b>μ<sub>media</sub> (Pa·s)</b>	1,52·10 <sup>-5</sup>	1,07·10 <sup>-5</sup>
<b>ρ<sub>media</sub> (kg/m<sup>3</sup>)</b>	2,453	4,750
<b>k<sub>media</sub> (W/m·K)</b>	3,22·10 <sup>-2</sup>	0,024
<b>C<sub>p</sub> (kJ/kg·°C)</b>	1,982	1,806
<b>PM (kg/kmol)</b>	18,02	42,08
<b>λ<sub>vap</sub> (kJ/kg)</b>	2131,568	-

### 1.8.2. Calor intercambiado

El calor intercambiado se obtiene a partir de la ecuación 1.

$$Q = 201,07 \text{ kW}$$

### 1.8.3. Diferencia de temperaturas media logarítmica

Los resultados de la aplicación de las ecuaciones 5, 6, 7 y 8 se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Diferencia de temperaturas media logarítmica

<b>ΔT<sub>ml</sub></b>	72,99
<b>R</b>	0
<b>S</b>	0,79
<b>F</b>	1
<b>ΔT<sub>m</sub></b>	72,99

#### 1.8.4. Estimación del coeficiente global de transmisión de calor

El valor inicial supuesto para el cálculo es:

$$U_{0,supuesta} = 280 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

A partir del mismo se obtiene un área de intercambio empleando la ecuación 3, de:

$$A = 9,84 m^2$$

#### 1.8.5. Configuración del intercambiador y cálculo de los coeficientes individuales

##### Tubos

Como se ha dicho, se colocan en disposición de triángulo equilátero y con una distancia entre centros de 1,25 veces el diámetro externo de los tubos. Para los cálculos en los tubos se ha recurrido a las ecuaciones 9, 10, 12, 13, 14 y 15 y a la figura 5.

**Tabla 9.** Construcción y coeficiente de los tubos

<b>Tubos</b>	
<b>d<sub>0</sub> (m)</b>	0,025
<b>d<sub>i</sub> (m)</b>	0,021
<b>e (m)</b>	0,002
<b>L (m)</b>	1,829
<b>A<sub>0</sub>, tubo (m<sup>2</sup>)</b>	0,144
<b>Nº tubos</b>	69
<b>Pasos por tubo</b>	2
<b>A por paso (m<sup>2</sup>)</b>	0,012
<b>u<sub>t</sub> (m/s)</b>	17,060
<b>Re</b>	1,59 · 10 <sup>5</sup>
<b>Pr</b>	0,790
<b>L/D</b>	87,086
<b>j<sub>h</sub></b>	2,30 · 10 <sup>-3</sup>
<b>Nu</b>	338,515
<b>h<sub>i</sub> /W/m<sup>2</sup>·°C)</b>	393,725

### Carcasa

Para la carcasa se emplean las ecuaciones 11, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22; así como la tabla 5 y las figuras 4 y 6.

**Tabla 10.** Construcción y coeficiente de la carcasa

<b>Carcasa</b>	
$K_1$	0,249
$n_1$	2,207
$D_b$ (m)	0,320
$D_s$ (m)	0,372
$L_b$	0,074
$N_b$	24
<b>Pasos por carcasa</b>	1
$\mu_L$ (Pa·s)	$1,49 \cdot 10^{-4}$
$\rho_L$ (kg/m <sup>3</sup> )	874,7
$k_L$ (W/m·K)	0,677
$\Gamma_h$ (kg/m·s)	$7,48 \cdot 10^{-4}$
$N_r$	6,820
$h_0$ (W/m <sup>2</sup> ·°C)	18963,420

### 1.8.6. Cálculo del coeficiente global

El cálculo del coeficiente global se emplea la ecuación 4.

**Tabla 11.** Coeficiente global

$h_{sf}$ (W/m <sup>2</sup> ·°C)	0,0002
$h_{tf}$ (W/m <sup>2</sup> ·°C)	0,0002
$k_w$ (W/m·°C)	58
$U_0$ (W/m <sup>2</sup> ·°C)	281,529

Tras varias iteraciones, se puede comprobar como el valor obtenido no difiere notablemente del supuesto por lo que los resultados mostrados se consideran válidos.

## 1.9. Intercambiador de calor E-102

El intercambiador E-102 se encuentra situado en la línea de alimentación de amoníaco, previo a la entrada al reactor. El objetivo del mismo es alcanzar una temperatura adecuada para que se produzca la reacción.

Se trata de un intercambiador de carcasa y tubos con cabezal flotante de anillo partido que emplea como medio calefactor vapor de agua a media presión. La transmisión de calor tiene lugar por condensación del vapor sobre los tubos horizontales del intercambiador.

En cuanto al material de construcción, se escoge acero inoxidable.

### 1.9.1. Propiedades físicas de los fluidos

Tabla 12. Propiedades de los fluidos

Fluido	Carcasa	Tubos
	Vapor de agua	Amoníaco
$T_{\text{entrada}} (^{\circ}\text{C})$	180	35
$T_{\text{salida}} (^{\circ}\text{C})$	180	150
$m$ (kg/s)	0,056	0,459
$\mu_{\text{media}}$ (Pa·s)	$1,52 \cdot 10^{-5}$	$1,05 \cdot 10^{-5}$
$\rho_{\text{media}}$ (kg/m <sup>3</sup> )	2,453	1,884
$k_{\text{media}}$ (W/m·K)	$3,22 \cdot 10^{-2}$	0,035
$C_p$ (kJ/kg·°C)	1,982	2,242
PM (kg/kmol)	18,02	17,03
$\lambda_{\text{vap}}$ (kJ/kg)	2131,568	-

### 1.9.2. Calor intercambiado

El calor intercambiado se obtiene a partir de la ecuación 1.

$$Q = 118,43 \text{ kW}$$

### 1.9.3. Diferencia de temperaturas media logarítmica

Los resultados de la aplicación de las ecuaciones 5, 6, 7 y 8 y se muestran en la tabla 13.

Tabla 13. Diferencia de temperaturas media logarítmica

$\Delta T_{\text{ml}}$	72,99
<b>R</b>	0
<b>S</b>	0,79
<b>F</b>	1
$\Delta T_{\text{m}}$	72,99

#### 1.9.4. Estimación del coeficiente global de transmisión de calor

El valor inicial supuesto para el cálculo es:

$$U_{0,supuesta} = 250 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

A partir del mismo se obtiene un área de intercambio empleando la ecuación 3, de:

$$A = 6,49 m^2$$

#### 1.9.5. Configuración del intercambiador y cálculo de los coeficientes individuales

##### Tubos

Como se ha dicho, se colocan en disposición de triángulo equilátero y con una distancia entre centros de 1,25 veces el diámetro externo de los tubos. Para los cálculos en los tubos se ha recurrido a las ecuaciones 9, 10, 12, 13, 14 y 15 y a la figura 5.

**Tabla 14.** Construcción y coeficiente de los tubos

<b>Tubos</b>	
<b>d<sub>0</sub> (m)</b>	0,025
<b>d<sub>i</sub> (m)</b>	0,021
<b>e (m)</b>	0,002
<b>L (m)</b>	1,219
<b>A<sub>0</sub>, tubo (m<sup>2</sup>)</b>	0,096
<b>Nº tubos</b>	68
<b>Pasos por tubo</b>	2
<b>A por paso (m<sup>2</sup>)</b>	0,012
<b>u<sub>t</sub> (m/s)</b>	20,705
<b>Re</b>	7,79·10 <sup>4</sup>
<b>Pr</b>	0,666
<b>L/D</b>	58,057
<b>j<sub>h</sub></b>	3,00·10 <sup>-3</sup>
<b>Nu</b>	203,999
<b>h<sub>i</sub> (W/m<sup>2</sup>·°C)</b>	343,933

**Carcasa**

Para la carcasa se emplean las ecuaciones 11, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22; así como la tabla 5 y las figuras 4 y 6.

**Tabla 15.** Construcción y coeficiente de la carcasa

<b>Carcasa</b>	
<b>K<sub>1</sub></b>	0,249
<b>n<sub>1</sub></b>	2,207
<b>D<sub>b</sub> (m)</b>	0,318
<b>D<sub>s</sub> (m)</b>	0,371
<b>L<sub>b</sub></b>	0,074
<b>N<sub>b</sub></b>	15
<b>Pasos por carcasa</b>	1
<b>μ<sub>L</sub> (Pa·s)</b>	1,49·10 <sup>-4</sup>
<b>ρ<sub>L</sub> (kg/m<sup>3</sup>)</b>	874,7
<b>k<sub>L</sub> (W/m·K)</b>	0,677
<b>Γ<sub>h</sub> (kg/m·s)</b>	6,70·10 <sup>-4</sup>
<b>N<sub>r</sub></b>	6,775
<b>h<sub>0</sub> (W/m<sup>2</sup>·°C)</b>	19688,552

**1.9.6. Cálculo del coeficiente global**

El cálculo del coeficiente global se emplea la ecuación 4.

**Tabla 16.** Coeficiente global

<b>h<sub>sf</sub> (W/m<sup>2</sup>·°C)</b>	0,0002
<b>h<sub>tf</sub> (W/m<sup>2</sup>·°C)</b>	0,0002
<b>k<sub>w</sub> (W/m·°C)</b>	16
<b>U<sub>0</sub> (W/m<sup>2</sup>·°C)</b>	244,710

Tras varias iteraciones, se puede comprobar como el valor obtenido no difiere notablemente del supuesto por lo que los resultados mostrados se consideran válidos.

### 1.10. Intercambiador de calor E-103

El intercambiador E-103 se encuentra situado en la línea de alimentación de aire, previo a la entrada al reactor. El objetivo del mismo es alcanzar una temperatura adecuada para que se produzca la reacción.

Se trata de un intercambiador de carcasa y tubos con cabezal flotante de anillo partido que emplea como medio calefactor vapor de agua a media presión. La transmisión de calor tiene lugar por condensación del vapor sobre los tubos horizontales del intercambiador.

En cuanto al material de construcción, se escoge acero al carbono.

#### 1.10.1. Propiedades físicas de los fluidos

Tabla 17. Propiedades de los fluidos

	<b>Carcasa</b>	<b>Tubos</b>
<b>Fluido</b>	Vapor de agua	Aire
<b>T<sub>entrada</sub> (°C)</b>	180	80
<b>T<sub>salida</sub> (°C)</b>	180	150
<b>m (kg/s)</b>	0,215	6,494
<b>μ<sub>media</sub> (Pa·s)</b>	1,52·10 <sup>-5</sup>	2,28·10 <sup>-5</sup>
<b>ρ<sub>media</sub> (kg/m<sup>3</sup>)</b>	2,453	1,933
<b>k<sub>media</sub> (W/m·K)</b>	3,22·10 <sup>-2</sup>	0,031
<b>C<sub>p</sub> (kJ/kg·°C)</b>	1,982	1,010
<b>PM (kg/kmol)</b>	18,02	28,95
<b>λ<sub>vap</sub> (kJ/kg)</b>	2131,568	-

#### 1.10.2. Calor intercambiado

El calor intercambiado se obtiene a partir de la ecuación 1.

$$Q = 459,21 \text{ kW}$$

#### 1.10.3. Diferencia de temperaturas media logarítmica

Los resultados de la aplicación de las ecuaciones 5, 6, 7 y 8 y se muestran en la tabla 18.

Tabla 18. Diferencia de temperaturas media logarítmica

<b>ΔT<sub>ml</sub></b>	58,14
<b>R</b>	0
<b>S</b>	0,70
<b>F</b>	1
<b>ΔT<sub>m</sub></b>	58,14

#### 1.10.4. Estimación del coeficiente global de transmisión de calor

El valor inicial supuesto para el cálculo es:

$$U_{0,supuesta} = 250 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

A partir del mismo se obtiene un área de intercambio empleando la ecuación 3, de:

$$A = 31,59 m^2$$

#### 1.10.5. Configuración del intercambiador y cálculo de los coeficientes individuales

##### Tubos

Como se ha dicho, se colocan en disposición de triángulo equilátero y con una distancia entre centros de 1,25 veces el diámetro externo de los tubos. Para los cálculos en los tubos se ha recurrido a las ecuaciones 9, 10, 12, 13, 14 y 15 y a la figura 5.

**Tabla 19.** Construcción y coeficiente de los tubos

<b>Tubos</b>	
<b>d<sub>0</sub> (m)</b>	0,038
<b>d<sub>i</sub> (m)</b>	0,034
<b>e (m)</b>	0,002
<b>L (m)</b>	1,219
<b>A<sub>0</sub>, tubo (m<sup>2</sup>)</b>	0,146
<b>Nº tubos</b>	218
<b>Pasos por tubo</b>	2
<b>A por paso (m<sup>2</sup>)</b>	0,099
<b>u<sub>t</sub> (m/s)</b>	33,947
<b>Re</b>	9,77·10 <sup>4</sup>
<b>Pr</b>	0,754
<b>L/D</b>	35,859
<b>j<sub>h</sub></b>	4,00·10 <sup>-3</sup>
<b>Nu</b>	355,747
<b>h<sub>i</sub> (W/m<sup>2</sup>·°C)</b>	320,015

### Carcasa

Para la carcasa se emplean las ecuaciones 11, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22; así como la tabla 5 y las figuras 4 y 6.

**Tabla 20.** Construcción y coeficiente de la carcasa

<b>Carcasa</b>	
<b>K<sub>1</sub></b>	0,249
<b>n<sub>1</sub></b>	2,207
<b>D<sub>b</sub> (m)</b>	0,818
<b>D<sub>s</sub> (m)</b>	0,885
<b>L<sub>b</sub></b>	0,177
<b>N<sub>b</sub></b>	6
<b>Pasos por carcasa</b>	1
<b>μ<sub>L</sub> (Pa·s)</b>	1,49E-04
<b>ρ<sub>L</sub> (kg/m<sup>3</sup>)</b>	874,7
<b>k<sub>L</sub> (W/m·K)</b>	0,677
<b>Γ<sub>h</sub> (kg/m·s)</b>	8,11·10 <sup>-4</sup>
<b>N<sub>r</sub></b>	11,485
<b>h<sub>0</sub> (W/m<sup>2</sup>·°C)</b>	16922,823

#### 1.10.6. Cálculo del coeficiente global

El cálculo del coeficiente global se emplea la ecuación 4.

**Tabla 21.** Coeficiente global

<b>h<sub>sf</sub> (W/m<sup>2</sup>·°C)</b>	0,0002
<b>h<sub>tf</sub> (W/m<sup>2</sup>·°C)</b>	0,0002
<b>k<sub>w</sub> (W/m·°C)</b>	58
<b>U<sub>0</sub> (W/m<sup>2</sup>·°C)</b>	249,281

Tras varias iteraciones, se puede comprobar como el valor obtenido no difiere notablemente del supuesto por lo que los resultados mostrados se consideran válidos.

### 1.11. Caída de presión en los intercambiadores

En este apartado se recogen todos los resultados de las pérdidas de carga tanto en los tubos como en la carcasa mediante la aplicación de las ecuaciones 23 y 24 y de las figuras 9 y 10 a los intercambiadores diseñados.

**Tabla 22.** Caídas de presión en los intercambiadores

	$\Delta P_{\text{tubos}}$ (kPa)	$\Delta P_{\text{carcasa}}$ (kPa)
<b>E-101</b>	2,576	0,526
<b>E-102</b>	1,174	0,134
<b>E-103</b>	1,914	0,025

En vista de los resultados obtenidos, los valores no se consideran significativos por lo que no supone un factor crítico que requiera rediseñar el intercambiador.

## **2. ABSORCIÓN**

### **2.1. Introducción**

La absorción se emplea normalmente a escala industrial para separar mezclas de gases, especialmente si se quieren recuperar ciertos componentes de alto valor añadido o si se necesita eliminar algún componente indeseado.

Se puede definir la absorción como la operación unitaria de transferencia de materia basada en el equilibrio en la que los componentes de una mezcla gaseosa se separan por disolución líquida. Uno de los factores relevantes a tener en cuenta en el diseño de este tipo de equipos es la capacidad para poner en contacto íntimo la corriente del gas con el líquido lo cual afecta a la eficacia del equipo. En absorción de gases únicamente se considera la transferencia de materia en una dirección, del gas al seno del líquido.

Dependiendo del tipo de interacción entre el absorbente y absorbato, la operación tiene distintas clasificaciones. En el caso a tratar, se considera un sistema de absorción puramente físico en el que el absorbato es más soluble en el absorbente que el resto de los gases de la mezcla, de manera que se absorbe el componente sin dar lugar a reacción química. La concentración de equilibrio en el líquido es principalmente función de la presión parcial en el gas.

El sistema tiende a alcanzar el equilibrio, cuando las dos fases se encuentran en contacto íntimo durante un tiempo suficiente. El soluto presente en el líquido es función de la temperatura, de la presión parcial del mismo en la fase gaseosa y de la naturaleza del propio soluto.

### **2.2. Selección del disolvente**

Un aspecto esencial en el diseño es la correcta elección del disolvente. Las propiedades de mayor interés son:

- Alta solubilidad del componente a extraer: si el gas tiene una alta solubilidad, se puede incrementar la velocidad de absorción y reducir la cantidad de disolvente necesaria. Generalmente, los disolventes que tienen una naturaleza química similar a la del soluto que va a ser absorbido proporcionan una buena solubilidad.
- Alta selectividad: conviene una alta solubilidad del componente a extraer a la vez que una baja solubilidad del inerte.
- Baja volatilidad: el disolvente debe tener una baja presión de vapor ya que el gas que sale de una torre de absorción va generalmente saturado del disolvente y las pérdidas podrían ser importantes.
- Estabilidad: el disolvente seleccionado debe ser químicamente estable para evitar reacciones peligrosas o no deseadas.

## Anexo II. Cálculos justificativos

- Baja viscosidad: se prefieren absorbentes de baja viscosidad por razones de rápida velocidad de absorción, mejoran las características de inundación, bajas pérdidas de carga en el bombeo y buenas características de transferencia de calor.
- Otros: baja corrosividad, bajo coste, baja toxicidad, etc.

En el presente proyecto, se emplea agua como disolvente para llevar a cabo la absorción en contracorriente aprovechando así la buena solubilidad de los nitrilos en agua.

### 2.3. Selección del equipo de contacto

La elección entre una columna de platos o de relleno para una aplicación particular sólo se puede realizar con completa seguridad basándose en el coste de cada diseño; no obstante, la elección generalmente se puede realizar en base a la experiencia considerando las ventajas y desventajas de cada tipo que se muestran a continuación:

- Se puede diseñar una columna de platos para manipular un intervalo más amplio de caudales gas y líquido que una columna de relleno.
- Las columnas de relleno no son adecuadas para caudales de líquido muy bajos.
- Es más fácil cubrir las necesidades de enfriamiento en una columna de platos ya que se puede instalar serpentines.
- Si el líquido provoca incrustaciones, o contiene sólidos, es más fácil cubrir las necesidades para realizar una limpieza en una columna de platos.
- Para líquidos corrosivos generalmente una columna de relleno será más económica
- El líquido retenido es apreciablemente menos en una columna de relleno que en una de platos.
- Las columnas de relleno son más adecuadas para manipular sistemas con formación de espumas.
- Se debería de considerar el relleno para columnas de pequeño diámetro.

Para el caso que nos ocupa, muchos de estos factores no se consideran limitantes, sin embargo se decide optar por el diseño de una columna de relleno. El contacto gas-líquido en una columna de relleno es continuo, y no por fases, como en una columna de platos. El líquido desciende por la superficie del relleno de la columna y el gas asciende por la columna en contracorriente. El rendimiento de la columna depende en gran medida de una buena distribución del líquido y del gas a través del lecho del relleno, y esta es un aspecto importante para el diseño.

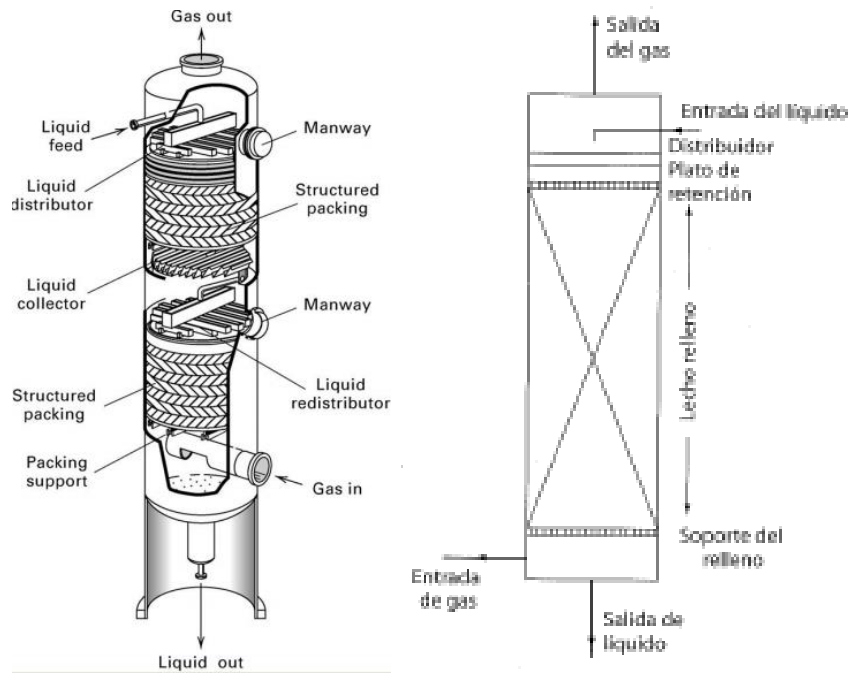


Figura 9. Columna de relleno

Para el diseño de una columna de relleno se siguen los siguientes pasos:

1. Seleccionar el tipo y tamaño del relleno
2. Determinar la altura de la columna requerida para alcanzar la separación especificada
3. Determinar el diámetro de la columna
4. Seleccionar y diseñar las características internas de la columna: soporte del relleno, distribuidor del líquido, redistribuidores.

## 2.4. Selección del relleno

Los principales requisitos de un relleno son que deberían:

- Proporcionar un área superficial grande: un área interfacial elevada entre el gas y el líquido.
- Tener una estructura abierta: baja resistencia a la circulación del gas.
- Promover la distribución uniforme del líquido en la superficie del relleno.
- Promover una circulación uniforme del gas transversalmente a través de la columna.

Se han desarrollado muchos tipos y formas diversas de relleno para satisfacer estos requisitos y se pueden dividir en dos clases:

- Rellenos con una geometría regular: tales como anillos apilados, mallas y rellenos estructurados patentados.

## Anexo II. Cálculos justificativos

- Rellenos aleatorios: anillos, sillas y formas patentadas, que se vuelcan dentro de la columna y quedan distribuidos aleatoriamente.

Los rellenos aleatorios y los elementos de relleno estructurados se usan de forma más común en la industria de procesos. En este caso, se ha optado por el empleo de anillos Raschig de 2" cuyos datos de diseño se encuentran recogidos en la tabla 23.

**Tabla 23.** Características del relleno

Tipo	Tamaño		Densidad aparente kg/m <sup>3</sup>	Área superficial, a m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	Factor de relleno, Fp m <sup>-1</sup>
	in	mm			
Anillos Raschig	2	51	651	95	210

Se ha comprobado que el tamaño del relleno no exceda 1/30 del diámetro de la columna para evitar problemas en la distribución del líquido.

## 2.5. Diseño de la columna

### 2.5.1. Balance de materia y equilibrio

En una torre de absorción con funcionamiento en contracorriente, el gas se pone en contacto íntimo con el líquido descendente. Debido a que los flujos molares de líquido y gas varían a lo largo de la torre, es habitual referir los flujos a los componentes considerados inertes. Así, las composiciones y caudales en base libre de soluto vienen determinadas por las ecuaciones 25 y 26.

$$Y = \frac{y}{1 - y} \qquad G' = G \cdot (1 - y) \qquad [25]$$

$$X = \frac{x}{1 - x} \qquad L' = L \cdot (1 - x) \qquad [26]$$

donde

Y, X: relaciones molares de líquido y gas en relación al inerte  
y, x: fracciones molares de líquido y gas, respectivamente  
G', L': flujos molares de inerte y disolvente, kmol/h  
G, L: flujos molares globales, kmol/h

Cuando la concentración del soluto es pequeña, es decir menor que un 10%, la circulación del gas y el líquido se puede considerar constante a través del relleno sin cometer errores relevantes.

Si se realiza un balance de materia referido al componente a separar entre una sección de la torre y otra inferior, se obtiene la ecuación 27, a partir de la cual se puede deducir la recta de operación ecuación 28.

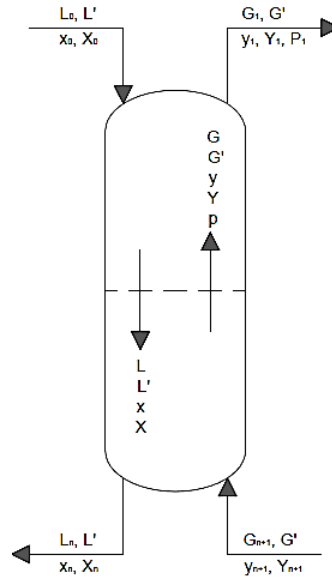


Figura 10. Columna de absorción

$$G' \cdot (Y_{N+1} - Y) = L' \cdot (X_N - X) \quad [27]$$

$$Y = \frac{L'}{G'} \cdot (X - X_N) + Y_{N+1} \quad [28]$$

Esta última, permite conocer las composiciones de cualquier punto en la columna a partir de los valores conocidos de las composiciones en los extremos.

Una vez obtenida la línea de operación, se necesitan las condiciones de equilibrio del sistema gas-líquido. En este caso, se considera que cumple la ley de Henry que relaciona la presión parcial del soluto en la fase gas con su concentración en el líquido (ecuación 29)

$$P_A = H \cdot C_A \quad [29]$$

donde

- PA: presión parcial del componente A en la fase gas
- CA: concentración en el líquido
- H: constante de Henry

Se dispone del valor de la constante de Henry a 25°C proporcionada por la bibliografía (21) y a partir de la ecuación 30 que representa la variación de la constante con la temperatura, se obtendrá el valor necesario a la temperatura de operación, en este caso, 20°C.

$$H(25^\circ\text{C}) = 9,1 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}$$

$$\frac{d \ln(H)}{d \left( \frac{1}{T} \right)} = 3400 \text{ K} \quad [30]$$

Para poder hacer uso de la ecuación 31 se evalúan las derivadas como incrementos respecto al valor estándar a 25°C. Así:

$$\frac{d \ln(H)}{d \left( \frac{1}{T} \right)} \cong \frac{\Delta \ln(H)}{\Delta \left( \frac{1}{T} \right)} = \frac{\ln(H^{25}) - \ln(H)}{\left( \frac{1}{T^{25}} \right) - \left( \frac{1}{T} \right)} \quad [31]$$

donde

$H^{25}$  y  $H$ : valores de la constante de Henry a la temperatura de referencia y a la de operación, respectivamente, mol/Pa·m<sup>3</sup>  
 $T^{25}$  y  $T$ : temperaturas, K

Como se dispone de valores de composición, y con la ley de Henry los datos de equilibrio están referidos a presiones parciales, si se asume el cumplimiento de la ley de Raoult ( $P_A = y \cdot P$ ) por sustitución se llega a la expresión 32 que representa el equilibrio en función de la presión total del sistema, en este caso la presión atmosférica.

$$y = \frac{H}{P} \cdot x \quad [32]$$

### 2.5.2. Determinación de la altura de relleno

Cada punto de la recta de operación corresponde a condiciones reales en algún punto de la torre. Así, la determinación de la altura depende del número de unidades de transferencia ( $H_{OG}$ ) y de la altura de una unidad de transferencia ( $H_G$ ), según se expresa en la ecuación 33 referida a los coeficientes globales respecto a la fase gas.

$$h = H_{OG} \cdot N_{OG} \quad [33]$$

Para determinar el número de unidades de transferencia referido a la fase gaseosa se emplea la siguiente ecuación:

$$N_{OG} = \int_{Y_1}^{Y_{N+1}} \frac{(1+Y)_{ml} \cdot dY}{(1+Y) \cdot (Y-Y^*)} \cong \int_{Y_1}^{Y_{N+1}} \frac{dY}{Y-Y^*} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{1+Y_1}{1+Y_{N+1}} \quad [34]$$

donde

$Y^*$ : la composición de equilibrio de la fase gas  
 $(Y-Y^*)$ : potencial de transferencia de materia

Cuando se trata de disoluciones diluidas, la circulación del gas y el líquido será esencialmente constante a través del relleno, y en la determinación de la altura de relleno requerida, se puede prescindir del segundo término de la ecuación 34. Para la

## Anexo II. Cálculos justificativos

resolución de la integral, disponiendo de los datos de equilibrio y de operación, se recurre a la integración numérica.

A continuación, se determina la altura de una unidad de transferencia a partir de las alturas de las unidades de transferencia en la fase gas ( $H_G$ ) y en la fase líquida ( $H_L$ ) mediante la expresión 35.

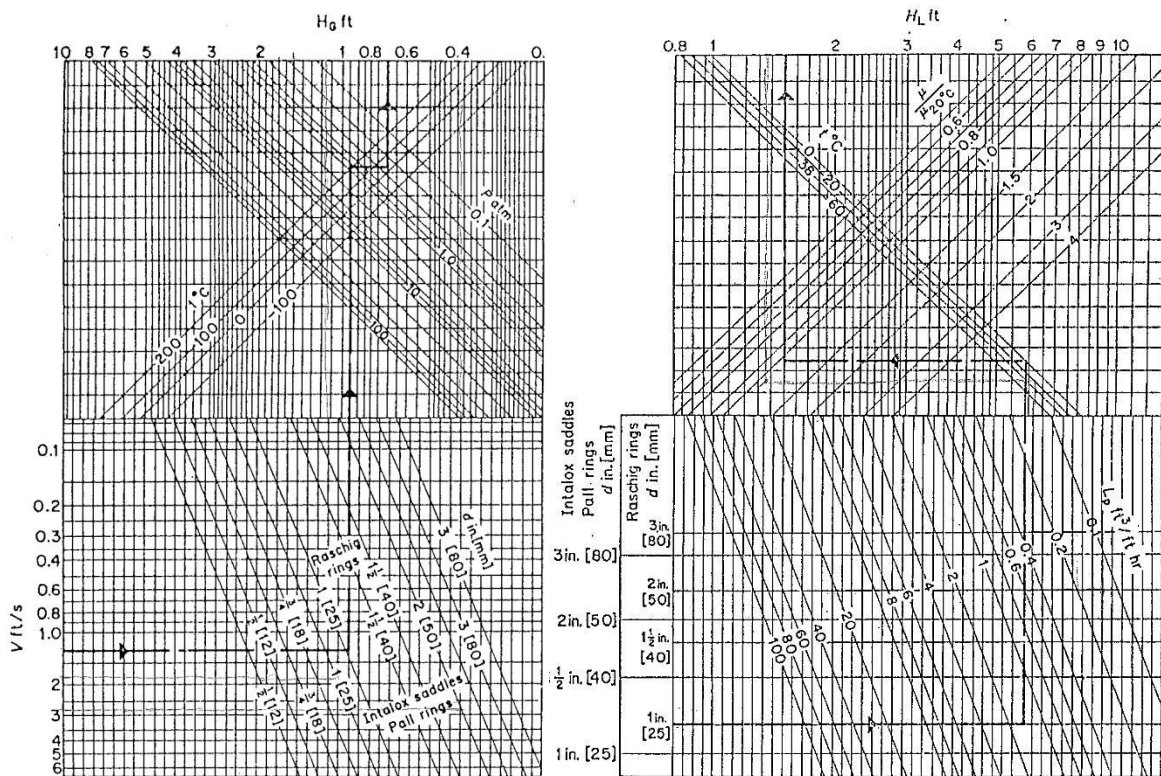
$$H_{OG} = H_G + \frac{m \cdot G'}{L'} \cdot H_L \quad [35]$$

donde

$m$ : pendiente de la recta de equilibrio

$G'/L'$ : inversa de la pendiente de la recta de operación

Para la determinación de  $H_G$  y  $H_L$  se ha decidido emplear los siguientes nomogramas:



**Figura 11.** Nomogramas para la determinación de alturas de unidad de transferencia en fase gas (izquierda) y en fase líquida (derecha)

Para la utilización de estos nomogramas se necesita la velocidad del gas, calculada a partir del diámetro de la torre; el tipo de relleno, indicado con anterioridad; la temperatura y presión de operación; la relación de viscosidades en referencia a la del líquido a 20°C; y la velocidad de mojado ( $L_p$ ) que viene dada por la ecuación 36.

$$L_p = \frac{\text{Flujo volumétrico del líquido} \left( \frac{m^3}{s \cdot m^2} \right)}{\text{Área superficial del relleno} \left( \frac{m^2}{m^3} \right)} \quad [36]$$

### 2.5.3. Diámetro de la columna

La capacidad de una columna de relleno viene determinada por su área transversal. Normalmente, la columna se diseña para trabajar a la mayor caída de presión que sea económicamente favorable, para asegurar una buena distribución del líquido y el gas. Para rellenos aleatorios en absorbedores el valor de diseño recomendado va de 15 a 50 mm de agua por metro de altura de relleno.

El diámetro y el área transversal de la columna para una caída de presión seleccionada se pueden determinar a partir de la correlación de caídas de presión generalizada dada en la figura 12.

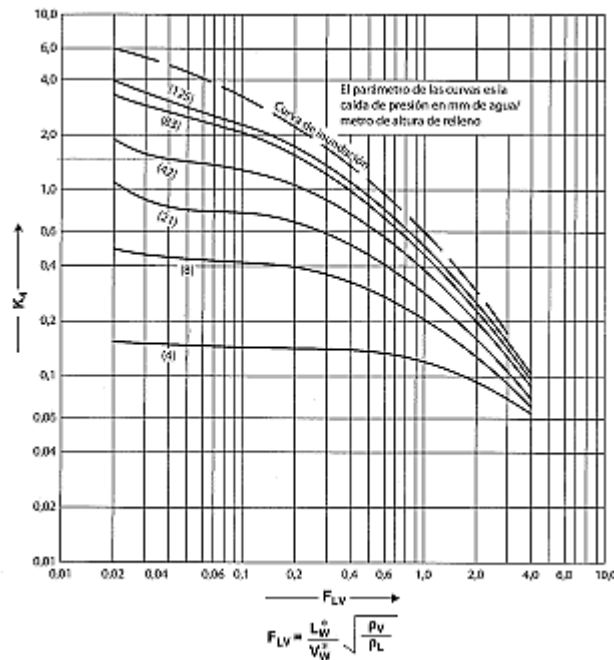


Figura 12. Diagrama para la evaluación de la constante  $K_4$

La figura relaciona los caudales del líquido y el vapor, las propiedades físicas del sistema y las características del relleno, con el caudal másico del gas por unidad de área transversal.

El término  $K_4$  es una constante que viene dada por la siguiente expresión:

$$K_4 = \frac{13,1 \cdot (V_w^*)^2 \cdot F_p \cdot \left( \frac{\mu_L}{\rho_L} \right)^{0,1}}{\rho_v \cdot (\rho_L - \rho_v)} \quad [37]$$

## Anexo II. Cálculos justificativos

donde

$V_w^*$ : caudal másico del gas por unidad de área transversal de la columna,  $\text{kg/m}^2 \cdot \text{s}$

$F_p$ : factor de relleno

$\mu_L$ : viscosidad del líquido,  $\text{N} \cdot \text{s/m}^2$

$\rho_L, \rho_V$ : densidades del líquido y vapor,  $\text{kg/m}^3$

El término  $F_{LV}$  es el parámetro de flujo gas-líquido, calculado a partir de la siguiente ecuación:

$$F_{LV} = \frac{L_w}{G_w} \cdot \sqrt{\frac{\rho_G}{\rho_L}} \quad [38]$$

Siendo  $L_w$  y  $G_w$  los flujos másicos del líquido y gas en  $\text{kg/s}$ .

El área de la columna se puede obtener a partir de la ecuación 39, y a continuación se puede determinar el diámetro despejando la ecuación 40.

$$A = \frac{G_w}{V_w^*} \quad [39]$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad [40]$$

### 2.5.4. Caída de presión a través del relleno

Este apartado se destina a comprobar si la caída de presión utilizada en el diseño, recomendada por la bibliografía, es la adecuada. Para ello se hace uso de la ecuación 41.

$$\Delta P = a \cdot 10^{b \cdot L} \cdot \frac{G^2}{\rho_G} \quad [41]$$

donde

$L$ : flujo de líquido,  $\text{lb/s} \cdot \text{ft}^2$

$G$ : flujo de gas,  $\text{lb/s} \cdot \text{ft}^2$

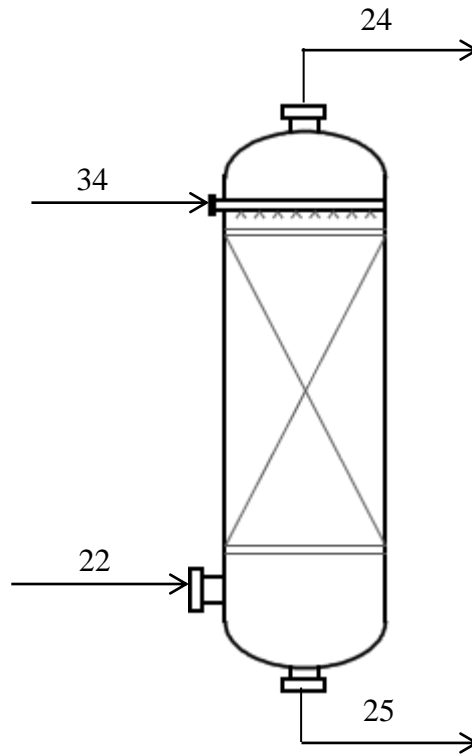
$\rho_G$ : densidad del gas,  $\text{lb/ft}^3$

$a$  y  $b$ : constantes extraídas de la bibliografía con valores de 0,24 y 0,14 respectivamente

Para obtener el resultado en  $\text{mm}$  de agua/ $\text{m}$  y poder compararlo con el utilizado en el diseño se debe multiplicar el resultado de la ecuación 41 por 83,3 y posteriormente, se corrige con el factor  $(\rho_w/\rho_L)$ .

## 2.6. Columna T-201

Este equipo se sitúa tras la salida del *Quench*, al inicio de la sección de recuperación del componente principal. Tiene lugar la absorción en contracorriente del acrilonitrilo en agua. Por la parte inferior de la columna se introduce la corriente procedente del apagador en contracorriente con el agua fría introducida por la parte superior. Los resultados obtenidos para el diseño de la misma siguiendo el procedimiento descrito, se muestran a continuación.



**Figura 13.** Columna de absorción con la numeración de corrientes del balance de materia

### 2.6.1. Balances de materia y equilibrio

Conocido el caudal gaseoso de entrada a la columna, las condiciones de operación y que se desea obtener una recuperación del 99,9% del acrilonitrilo, se determinan los flujos de componente de cada una de las corrientes en kmol/h (tabla 24).

**Tabla 24.** Flujos molares de componente

<b>Componente</b>	<b>G<sub>ent</sub></b> <b>(kmol/h)</b>	<b>L<sub>ent</sub></b> <b>(kmol/h)</b>	<b>G<sub>sal</sub></b> <b>(kmol/h)</b>	<b>L<sub>sal</sub></b> <b>(kmol/h)</b>
<b>Propeno</b>	1,63	0,00	1,63	0,00
<b>Oxígeno</b>	40,90	0,00	40,82	0,08
<b>Nitrógeno</b>	640,39	0,00	639,75	0,64
<b>Agua</b>	18,69	1433,52	25,21	1426,99
<b>Acrilonitrilo</b>	73,24	0,00	0,07	73,16
<b>Acetonitrilo</b>	2,85	0,05	0,00	2,89
<b>Ácido cianhídrico</b>	13,78	0,00	0,00	13,78
<b>Dióxido de carbono</b>	0,88	0,00	0,88	0,00
<b>Acroleína</b>	0,69	0,00	0,01	0,68
<b>Impurezas</b>	0,11	0,00	0,00	0,11
<b>TOTAL</b>	<b>793,15</b>	<b>1433,56</b>	<b>708,38</b>	<b>1518,33</b>

Obtenidos los caudales de todas las corrientes, se pasa a la determinación de las composiciones a partir de la recta de operación considerando la absorción de un componente, en este caso, el acrilonitrilo. Como se ha dicho, se emplearán las composiciones en base al total y en base al inerte indistintamente.

Conocidas las composiciones de los extremos se obtiene la pendiente de la recta de operación (tabla 25), y a partir de la ecuación 28 y la variación de la composición del líquido, se calculan los valores de la variación de la composición de la corriente gaseosa. Por otra parte, se calculan los valores de la composición en equilibrio haciendo uso de la ecuación 32 en la cual está presente la constante de Henry a la temperatura de operación, en este caso 20°C, que se calcula con la ecuación 31.

Así, los resultados se presentan recogidos en las siguientes tablas:

$$H_{20} = 13,36 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{mol}$$

**Tabla 25.** Composiciones en los extremos

<b>x<sub>0</sub></b>	0
<b>x<sub>n</sub></b>	$4,82 \cdot 10^{-2}$
<b>y<sub>1</sub></b>	$1,03 \cdot 10^{-4}$
<b>y<sub>n+1</sub></b>	$9,23 \cdot 10^{-2}$
<b>Pendiente</b>	1,91

**Tabla 26.** Datos de operación y equilibrio

<b>x</b>	<b>y</b>	<b>y*</b>
0	$1,03 \cdot 10^{-4}$	0
$1,00 \cdot 10^{-4}$	$2,95 \cdot 10^{-4}$	$7,00 \cdot 10^{-5}$
$2,00 \cdot 10^{-4}$	$4,86 \cdot 10^{-4}$	$1,40 \cdot 10^{-4}$
$3,00 \cdot 10^{-4}$	$6,78 \cdot 10^{-4}$	$2,10 \cdot 10^{-4}$
$4,00 \cdot 10^{-4}$	$8,69 \cdot 10^{-4}$	$2,80 \cdot 10^{-4}$
$5,00 \cdot 10^{-4}$	$1,06 \cdot 10^{-3}$	$3,50 \cdot 10^{-4}$
$6,00 \cdot 10^{-4}$	$1,25 \cdot 10^{-3}$	$4,20 \cdot 10^{-4}$
$7,00 \cdot 10^{-4}$	$1,44 \cdot 10^{-3}$	$4,90 \cdot 10^{-4}$
$8,00 \cdot 10^{-4}$	$1,63 \cdot 10^{-3}$	$5,60 \cdot 10^{-4}$
$9,00 \cdot 10^{-4}$	$1,83 \cdot 10^{-3}$	$6,30 \cdot 10^{-4}$
$1,00 \cdot 10^{-3}$	$2,02 \cdot 10^{-3}$	$7,00 \cdot 10^{-4}$
$2,00 \cdot 10^{-3}$	$3,93 \cdot 10^{-3}$	$1,40 \cdot 10^{-3}$
$3,00 \cdot 10^{-3}$	$5,85 \cdot 10^{-3}$	$2,10 \cdot 10^{-3}$
$4,00 \cdot 10^{-3}$	$7,76 \cdot 10^{-3}$	$2,80 \cdot 10^{-3}$
$5,00 \cdot 10^{-3}$	$9,67 \cdot 10^{-3}$	$3,50 \cdot 10^{-3}$
$6,00 \cdot 10^{-3}$	$1,16 \cdot 10^{-2}$	$4,20 \cdot 10^{-3}$
$7,00 \cdot 10^{-3}$	$1,35 \cdot 10^{-2}$	$4,90 \cdot 10^{-3}$
$8,00 \cdot 10^{-3}$	$1,54 \cdot 10^{-2}$	$5,60 \cdot 10^{-3}$
$9,00 \cdot 10^{-3}$	$1,73 \cdot 10^{-2}$	$6,30 \cdot 10^{-3}$
$1,00 \cdot 10^{-2}$	$1,92 \cdot 10^{-2}$	$7,00 \cdot 10^{-3}$
$2,00 \cdot 10^{-2}$	$3,84 \cdot 10^{-2}$	$1,40 \cdot 10^{-2}$
$3,00 \cdot 10^{-2}$	$5,75 \cdot 10^{-2}$	$2,10 \cdot 10^{-2}$
$4,00 \cdot 10^{-2}$	$7,67 \cdot 10^{-2}$	$2,80 \cdot 10^{-2}$
$4,20 \cdot 10^{-2}$	$8,05 \cdot 10^{-2}$	$2,94 \cdot 10^{-2}$
$4,40 \cdot 10^{-2}$	$8,43 \cdot 10^{-2}$	$3,08 \cdot 10^{-2}$
$4,60 \cdot 10^{-2}$	$8,82 \cdot 10^{-2}$	$3,22 \cdot 10^{-2}$
$4,80 \cdot 10^{-2}$	$9,20 \cdot 10^{-2}$	$3,36 \cdot 10^{-2}$
$4,82 \cdot 10^{-2}$	$9,23 \cdot 10^{-2}$	$3,37 \cdot 10^{-2}$

### 2.6.2. Diámetro de la columna

Siguiendo el procedimiento expuesto en el apartado 2.5.3., se necesitan las propiedades medias de las corrientes gas y líquido para poder determinar el parámetro de flujo (ecuación 38) y con éste la constante  $K_4$  a partir de la figura 12 para una caída de presión seleccionada de 42 mm de agua/ m de altura de relleno.

**Tabla 27.** Propiedades medias de las corrientes

	<b>Gas</b>	<b>Líquido</b>
<b>n (kmol/h)</b>	793,15	1518,33
<b>PM (kg/kmol)</b>	31,05	19,86
<b>m (kg/s)</b>	6,84	8,38
<b><math>\mu</math> (<math>N \cdot s/m^2</math>)</b>	$1,59 \cdot 10^{-5}$	$8,9 \cdot 10^{-4}$
<b><math>\rho</math> (<math>kg/m^3</math>)</b>	1,29	595,70

## Anexo II. Cálculos justificativos

Conocidos estos parámetros, es posible calcular el área y diámetro de la columna haciendo uso de las ecuaciones 37,39 y 40.

**Tabla 28.** Resultados para el cálculo del área y diámetro de la columna

$\Delta P$ (mm agua/m)	$F_{LV}$	$K_4$	$V_w^*(kg/m^2 \cdot s)$	$A$ (m <sup>2</sup> )	$D$ (m)
42	0,057	1,80	1,39	4,93	2,51

### 2.6.3. Determinación de la altura de relleno

En primer lugar se determina el número de unidades de transferencia mediante la integración numérica de la ecuación 34.

**Tabla 29.** Cálculo del número de unidades de transferencia

$1/(y-y^*)$	$\Delta y$	Integral
9672,43		
4449,26	$1,91 \cdot 10^{-4}$	1,35
2889,12	$1,91 \cdot 10^{-4}$	$7,02 \cdot 10^{-1}$
2139,06	$1,91 \cdot 10^{-4}$	$4,81 \cdot 10^{-1}$
1698,18	$1,91 \cdot 10^{-4}$	$3,67 \cdot 10^{-1}$
1407,98	$1,91 \cdot 10^{-4}$	$2,97 \cdot 10^{-1}$
1202,49	$1,91 \cdot 10^{-4}$	$2,50 \cdot 10^{-1}$
1049,35	$1,91 \cdot 10^{-4}$	$2,16 \cdot 10^{-1}$
930,80	$1,91 \cdot 10^{-4}$	$1,90 \cdot 10^{-1}$
836,32	$1,91 \cdot 10^{-4}$	$1,69 \cdot 10^{-1}$
759,25	$1,91 \cdot 10^{-4}$	$1,53 \cdot 10^{-1}$
395,13	$1,91 \cdot 10^{-3}$	$1,10 \cdot 10^0$
267,06	$1,91 \cdot 10^{-3}$	$6,34 \cdot 10^{-1}$
201,69	$1,91 \cdot 10^{-3}$	$4,49 \cdot 10^{-1}$
162,03	$1,91 \cdot 10^{-3}$	$3,48 \cdot 10^{-1}$
135,40	$1,91 \cdot 10^{-3}$	$2,85 \cdot 10^{-1}$
116,29	$1,91 \cdot 10^{-3}$	$2,41 \cdot 10^{-1}$
101,91	$1,91 \cdot 10^{-3}$	$2,09 \cdot 10^{-1}$
90,69	$1,91 \cdot 10^{-3}$	$1,84 \cdot 10^{-1}$
81,70	$1,91 \cdot 10^{-3}$	$1,65 \cdot 10^{-1}$
41,02	$1,91 \cdot 10^{-2}$	$1,17 \cdot 10^0$
27,39	$1,91 \cdot 10^{-2}$	$6,55 \cdot 10^{-1}$
20,55	$1,91 \cdot 10^{-3}$	$4,59 \cdot 10^{-1}$
19,58	$3,83 \cdot 10^{-3}$	$7,68 \cdot 10^{-2}$
18,69	$3,83 \cdot 10^{-3}$	$7,32 \cdot 10^{-2}$
17,88	$3,83 \cdot 10^{-3}$	$7,00 \cdot 10^{-2}$
17,13	$3,83 \cdot 10^{-3}$	$6,70 \cdot 10^{-2}$
17,07	$3,58 \cdot 10^{-4}$	$6,12 \cdot 10^{-3}$
	<b><math>N_{OG} =</math></b>	<b>10,38</b>

## Anexo II. Cálculos justificativos

A continuación se realiza la representación gráfica de las rectas de operación y equilibrio (figura 14).

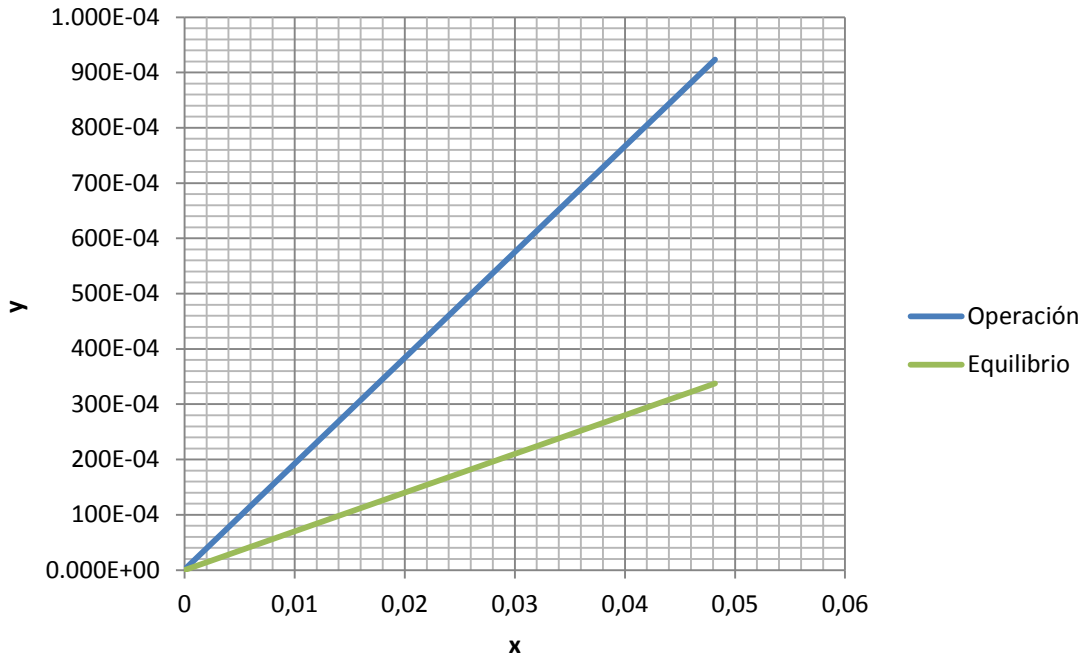


Figura 14. Composiciones de operación y de equilibrio

El siguiente paso es determinar la altura de una unidad de transferencia. Para ello, calculados y conocidos los valores mostrados en la tabla 30 y a través de los nomogramas de la figura 11, se obtienen los coeficientes en la interfase ( $H_G$  y  $H_L$ ) necesarios para determinar dicha altura sustituyendo en la ecuación 35.

Tabla 30. Resultados para el empleo del nomograma de la figura 11

Tipo de relleno	Raschig 2"		
<b>uv (ft/s)</b>	3,06	<b>HG (m)</b>	0,488
<b>T (°C)</b>	20		
<b>P (atm)</b>	1		
<b>Lp (ft<sup>3</sup>/ft·h)</b>	0,57	<b>HL (m)</b>	0,549
<b><math>\mu/\mu_{20^\circ\text{C}}</math></b>	0,91		

Así, se obtiene finalmente el valor de la altura de relleno a partir de la ecuación 33.

Tabla 31. Altura de relleno

<b><math>H_{OG}</math> (m)</b>	<b>h (m)</b>
0,69	7,18

Se puede observar como el valor obtenido para el  $H_{OG}$  se encuentra dentro del intervalo de valores típico para rellenos aleatorios de 2" que va de 0,6 a 1 metro.

#### 2.6.4. Caída de presión a través del relleno

Los resultados obtenidos a partir de la ecuación 41 se muestran en la tabla 32.

**Tabla 32.** Resultados para la caída de presión a través del relleno

<b>a</b>	0,24
<b>b</b>	0,14
<b>L (lb/s·ft<sup>2</sup>)</b>	0,35
<b>G (lb/s·ft<sup>2</sup>)</b>	0,28
<b><math>\rho_G</math> (lb/ft<sup>3</sup>)</b>	0,08
<b><math>\Delta P</math> (in/ft)</b>	0,27
<b><math>\Delta P</math> (mm agua/m)</b>	22,34
<b><math>\rho_w / \rho_L</math></b>	1,68
<b><math>\Delta P</math> corregido (mm agua/m)</b>	37,50

Se puede observar que el resultado se encuentra entre el intervalo recomendado por la bibliografía (entre 15 y 50 mm de agua por metro de altura de relleno) y no dista en gran magnitud del escogido para el diseño que era de 42 mm/m. Es por esto que se considera correcto el valor escogido ya que al hacer uso del mismo en la figura 12 no se obtendrá un error muy significativo.

#### 2.7. Diseño del interior de la columna

El interior de la columna debe funcionar como una parte integrante del diseño total y no limitar el funcionamiento del relleno. Así, la integración de los elementos interiores a la columna debe diseñarse de manera exhaustiva para asegurar un buen funcionamiento.

A continuación se mencionan los elementos interiores de interés para la columna a diseñar.

- **Soporte del relleno**

La función del plato de soporte es aguantar el peso del relleno húmedo, mientras permite pasar libremente el gas y el líquido. Un soporte mal diseñado producirá una elevada caída de presión y puede provocar una inundación local.

El mejor diseño para sostener el relleno es aquel en que se proporcionan las entradas de gas por encima del nivel en que circula el líquido del lecho.

- **Distribuidores del líquido**

El rendimiento satisfactorio de una columna requiere una circulación uniforme del líquido a través de la columna por ello es esencial una buena distribución inicial del líquido. Será necesario un distribuidor de líquido en aquellas zonas de la torre en las que se introduce una corriente líquida. En el caso que nos ocupa, únicamente se alimenta la columna por la parte superior por lo que el distribuidor será colocado en esta sección.

## Anexo II. Cálculos justificativos

Además, se proporcionará una superficie de paso de gas adecuada para evitar una pérdida de carga elevada.

Los dos diseños más comúnmente utilizados son el tipo orificio y el tipo rebosadero. Para el diseño de esta columna se escoge de tipo rebosadero ya que pueden trabajar con un rango de flujos más amplio que los de tipo orificio.

Además, como ya fue comentado, para asegurar una buena distribución del líquido se comprueba que el relleno utilizado tiene el tamaño adecuado de modo que:

$$\frac{1}{30} \cdot D_{columna} = 0,083m = 3,27" > 2"$$

- **Redistribuidores del líquido**

Se utilizan redistribuidores para recoger el líquido que ha migrado a las paredes de la columna y lo redistribuye uniformemente sobre el relleno. También se compensará cualquier mala distribución que haya ocurrido dentro del relleno.

La altura máxima del lecho que se debería usar sin redistribución del líquido dependerá del tipo de relleno del proceso. La destilación es menos susceptible a la mala distribución que la absorción y desorción. Como guía general, la altura máxima del lecho no debería exceder a tres veces el diámetro de la columna para anillos Raschig. En este caso, la altura del lecho obtenida es ligeramente inferior a tres veces el diámetro sin embargo, se ha decidido instalar un redistribuidor de líquido en la mitad del lecho.

- **Instalación del relleno**

Normalmente los rellenos metálicos y cerámicos se arrojan dentro de la columna "húmeda", para asegurar una distribución realmente aleatoria y prevenir dañar el relleno. La columna se llena parcialmente con agua y el relleno se arroja dentro del agua. La altura del agua debe permanecer por encima del relleno en todo momento.

En el caso de necesitar rellenar las columnas en seco, por ejemplo, para evitar la contaminación de los fluidos del proceso con agua, se puede bajar el relleno en la columna en cubos y otros recipientes. Para el caso de los rellenos cerámicos, se debe tener la precaución de no dejar caer el relleno desde una altura superior a medio metro.

## **3. REACTOR**

### **3.1. Introducción**

En el contexto de la industria química, un reactor químico es una unidad de proceso diseñada para llevar a cabo una o varias reacciones químicas. La ingeniería de reactores proporciona las bases para realizar el diseño de un reactor de manera que éste cumpla con su objetivo: proporcionar un producto dado a partir de reactantes conocidos, con una velocidad y selectividad determinadas, mediante un proceso seguro y respetuoso con el medioambiente.

El diseño del reactor condiciona en gran medida el éxito de la planta. Para llevarlo a cabo se necesita establecer una ecuación de funcionamiento del reactor que relaciona la salida del mismo con la alimentación, las condiciones de operación, el modo de contacto, la cinética de la reacción y los procesos de transferencia de materia, energía y cantidad de movimiento que tienen lugar en el mismo.

### **3.2. Tipo de reactor**

Industrialmente, el proceso se lleva a cabo en un reactor catalítico de lecho fluidizado. Sin embargo, a efectos de diseño y con objeto de simplificar el sistema, se puede aproximar a un modelo de mezcla completa sin cometer un error significativo.

Este tipo de reactor se emplea frecuentemente cuando el control de la temperatura en todos los puntos del reactor es un aspecto crítico y cuando es necesario mantener el catalizador en suspensión.

Cabe destacar, que para el presente proyecto, no se dispone de sistema de agitación puesto que la reacción tiene lugar en fase gas.

### **3.3. Catalizador**

Un catalizador es una sustancia que modifica a la velocidad de una reacción sin participar en ella. Debido a que la reacción catalítica ocurre en la interfase entre el fluido y el sólido, es esencial que el área interfacial sea grande para lograr una velocidad de reacción significativa.

Para las reacciones que tienen lugar en este proceso, se ha usado un catalizador compuesto a base de óxidos de molibdeno y bismuto. Es un catalizador ampliamente utilizado en el proceso Sohio, aunque este catalizador se encuentra en desuso. La actividad de investigación está encaminada a conseguir promover la formación de más acrilonitrilo y menores cantidades de productos secundarios, es decir, se busca un catalizador que mejore el rendimiento y la selectividad de la reacción y que a su vez sea

## Anexo II. Cálculos justificativos

estable frente a posibles fluctuaciones en las condiciones del proceso. Actualmente, se utiliza un catalizador del que se desconoce la composición ya que está protegido por patente, por este motivo se ha decidido utilizar el catalizador de molibdeno-bismuto, ya que se dispone más información.

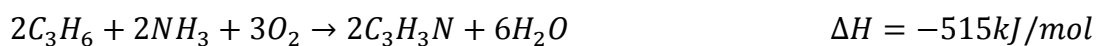
Uno de los principales problemas de los catalizadores es que a lo largo del tiempo experimentan desactivación que se puede deber a distintos factores como fenómenos de envejecimiento, contaminación o coquificación, etc. Además, la actividad del catalizador también puede verse reducida durante el proceso de reacción debido a pérdidas de oxígeno de la molécula de bismuto. Para remediar esto, lo ideal sería conseguir una regeneración *in situ*. En el caso que nos ocupa, para la recuperación del catalizador que se ve arrastrado a la salida del reactor con el producto gas, se dispone de un ciclón en el que tiene lugar la regeneración del catalizador con aire.

Cuando se decide el tamaño de las partículas de catalizador a emplear, hay que considerar su efecto en las propiedades de fluidificación, así como la superficie específica disponible para la reacción. Para el reactor a diseñar, se decide utilizar partículas del grupo A según la clasificación propuesta por Geldart. Éstas son partículas de pequeño diámetro y baja densidad. Son aereables y fluidizan con facilidad sin formar muchas burbujas incluso a velocidades de gas elevadas.

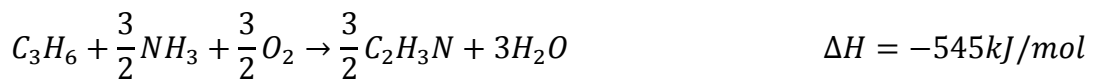
### 3.4. Cinética química

En el reactor tiene lugar la reacción principal de amoxidación en fase gas para producir acrilonitrilo. Además de ésta, ocurren una serie de reacciones secundarias o no deseadas que disminuyen el rendimiento de la reacción principal.

Reacción principal:



Reacciones secundarias:



## Anexo II. Cálculos justificativos

En cuanto a la cinética, se trata de una reacción de orden uno cuya expresión de velocidad es la siguiente:

$$-r_A = 1,21 \cdot 10^5 \cdot C_A \quad [42]$$

donde

$-r_A$ : velocidad de reacción, mol/L·h

$C_A$ : composición del componente A, mol/L

En lo referido a las condiciones de operación, la reacción tiene lugar a una temperatura de 480°C y 2 atmósferas de presión y los reactivos entrarán al reactor a 150°C y 2 atmósferas de presión.

Por otra parte, para evitar la proliferación de compuestos no nitrogenados en el reactor se prefiere un exceso de amoníaco del 20%, así como un exceso suficiente de oxígeno que asegure la continua regeneración del catalizador. Así, la relación propeno/amoníaco/aire empleada será de 1/1,2/9,8.

### 3.5. Dimensionamiento del reactor

Como se dijo con anterioridad, se lleva a cabo el diseño de un reactor de mezcla completa. Para calcular el volumen del reactor teniendo en cuenta la reacción principal de formación de acrilonitrilo a partir de propileno, se emplea la ecuación de diseño para este tipo de reactores (ecuación 43).

$$V = \frac{F_{A0} \cdot X_A}{(-r_A)} = \frac{F_{A0} \cdot X_A}{1,21 \cdot 10^5 \cdot C_A} \quad [43]$$

donde

$F_{A0}$ : Flujo molar de propileno a la entrada, mol/h

$X_A$ : conversión del propileno, en este caso es del 98%

$C_A$ : concentración de propileno a la salida, mol/L

El flujo molar a la entrada se obtiene a partir del balance de materia mientras que la concentración del propileno a la salida se determina a través de la expresión 44.

$$C_A = C_{A0} \cdot (1 - X_A) \quad [44]$$

$$C_{A0} = \frac{F_{A0}}{q_0} \quad [45]$$

$$q_0 = \frac{m}{\rho} \quad [46]$$

## Anexo II. Cálculos justificativos

Para el cálculo del diámetro conocido el caudal del gas, es preciso conocer la velocidad de fluidización que podrá ser determinada a partir de la figura 15. Para ello, se necesita conocer el diámetro de las partículas y la densidad relativa de las mismas.

Para el diseño, se considerará una velocidad de fluidización del doble de la obtenida a través de la figura 15 y a partir de la expresión 47 es posible obtener el área del reactor.

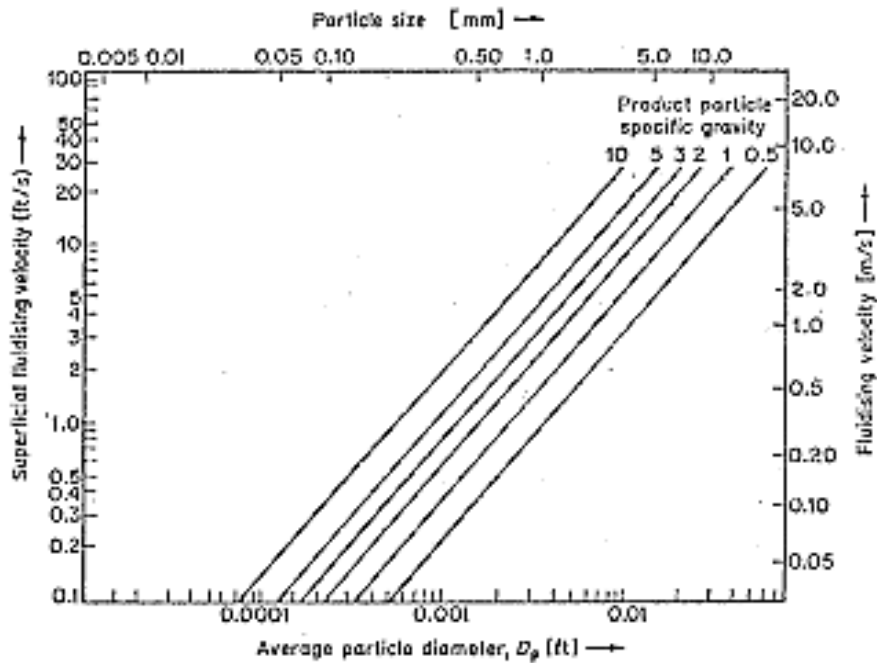


Figura 15. Velocidad de fluidización

$$A = \frac{Q}{u_f} \quad [47]$$

Considerando que se trata de un reactor de sección circular, se puede determinar el diámetro y además también se obtiene la altura del tanque.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} \quad [48]$$

$$H = \frac{V}{A} \quad [49]$$

### 3.6. Cantidad de catalizador

Algunos de los parámetros del catalizador necesarios para el diseño se encuentran recogidos en la tabla 33.

**Tabla 33.** Características del catalizador

<b>Diámetro de partícula (mm)</b>	1
<b>Densidad de partícula (g/ml)</b>	1,2
<b>WWH (h<sup>-1</sup>)</b>	0,0725
<b>Pérdidas en 5 años (lb/d)</b>	200

Con el valor de WWH, que es el peso de propileno alimentado por unidad de peso de catalizador por hora, y la cantidad de propileno, se obtiene la cantidad de catalizador necesaria en el reactor.

No obstante, hay que tener en cuenta que existen pérdidas del catalizador con el tiempo ya que los ciclones no tienen un rendimiento del 100%, por lo que quedará parte de catalizador retenido en los filtros. Del artículo de Jonh McCallion de 1996 (24), se obtienen las pérdidas mostradas en la tabla 33.

### 3.7. Reactor R-101

En este apartado, se exponen los resultados obtenidos en el diseño del reactor siguiendo el procedimiento explicado con anterioridad. Cabe destacar, que tras la realización de un diseño inicial, el volumen del reactor obtenido se consideró alto y por razones técnicas y de operación se decidió optar por operar con dos reactores de menor tamaño de manera que a cada uno le llega la mitad de la alimentación.

#### 3.7.1. Dimensionamiento del reactor

En primer lugar, para el dimensionamiento del reactor se parte de los siguientes datos:

**Tabla 34.** Datos de las corrientes y conversión del reactor

<b>m (kg/h)</b>	14258,84
<b><math>\rho</math> (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1,66
<b>q<sub>0</sub> (m<sup>3</sup>/h)</b>	8566,84
<b>F<sub>A0</sub> (kmol/h)</b>	41,50
<b>F<sub>A</sub> (kmol/h)</b>	0,81
<b>C<sub>A0</sub> (kmol/L)</b>	4,84·10 <sup>-6</sup>
<b>C<sub>A</sub> (kmol/L)</b>	9,50·10 <sup>-8</sup>
<b>X<sub>A</sub></b>	0,98

Así, mediante la aplicación de la ecuación 43, se obtiene el volumen del reactor.

$$Volumen = 3,55 \text{ m}^3$$

Se decide sobredimensionar un 10% el mismo por razones técnicas y para tener en cuenta el posible efecto de expansión.

$$Volumen = 3,90 \text{ m}^3$$

Por otra parte, como se ha indicado, para el cálculo del diámetro se necesita el área calculada a partir del caudal de gas y de la velocidad de fluidización.

**Tabla 35.** Resultados del diseño del reactor

<b>u<sub>f</sub></b>	1,40
<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	2,38
<b><math>\tau</math> (s)</b>	1,49
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	1,70
<b>D (m)</b>	1,47
<b>H (m)</b>	2,09

### 3.7.2. Cantidad de catalizador

En cuanto a las necesidades del catalizador, los resultados obtenidos teniendo en cuenta los datos de la tabla 33, se muestran a continuación:

**Tabla 36.** Cantidad de catalizador

<b>m propileno (kg/h)</b>	3485,59
<b>m catalizador (t)</b>	48,08
<b>Pérdidas en 5 años (t)</b>	149,69
<b>m catalizador total (t)</b>	197,76

### 3.8. Diseño del interior del reactor

#### 3.8.1. Difusor para la entrada de reactivos

El objetivo es garantizar una buena distribución de los reactivos en el interior del reactor. Uno de los parámetros que está muy condicionado por el diseño de los difusores es la velocidad superficial del gas. De entre los distintos tipos de difusores existentes se decide emplear difusores de tubos tipo radial porque según datos bibliográficos ofrecen una menor pérdida de carga.

#### 3.8.2. Soporte del catalizador

Se emplea un soporte para mantener aquellas partículas que no estuvieran en fluidización. Se escoge un soporte tipo rejilla que retiene el catalizador dejando paso al flujo de aire.

## **4. DISEÑO MECÁNICO**

### **4.1. Introducción**

El diseño mecánico de un equipo, se basa en la resistencia de los materiales a las diferentes tensiones a las que se van a ver sometidos una vez instalado y en funcionamiento. Se tienen en cuenta diversos efectos como la resistencia a la presión interna, a la presión externa, la corrosión o el propio peso del equipo.

A la hora de llevar a cabo el diseño mecánico de los diferentes equipos de la planta de producción, se interpretarán como recipientes a presión. No existe un estándar internacional para el diseño de recipientes a presión, pero el estándar más empleado es el *ASME Boiler and Pressure Vessel Code* (el código ASME BVP).

### **4.2. Condiciones de operación**

Un recipiente se debe diseñar para soportar la presión máxima a la que sea probable que esté sometido durante la operación. Para recipientes bajo presión interna, la presión de diseño se toma como la presión a la que se ajusta el dispositivo de descarga. Ésta normalmente será un 5 a 10 % por encima de la presión normal de trabajo, para evitar un trabajo ficticio de la válvula de descarga durante procesos de menor importancia. Los recipientes sujetos a presiones externas se deben diseñar para resistir la presión diferencial máxima que es probable que se produzca en funcionamiento.

Por otro lado, la resistencia de los metales decrece con el aumento de la temperatura, por ello el esfuerzo permisible máximo dependerá de la temperatura del material. Bajo el código ASME BPV, la temperatura máxima de diseño a la que se evalúa el esfuerzo permisible máximo se debe tomar como la temperatura máxima de trabajo del material. La temperatura mínima del metal del diseño se debe tomar como la temperatura más baja esperada en el servicio.

### **4.3. Selección del material**

Los recipientes a presión se construyen con aceros de carbono sencillos, aceros de aleaciones ligeras y pesadas, otras aleaciones, placas de placa y plásticos reforzados. La selección de un material adecuado debe tener en cuenta la idoneidad del material para la fabricación, la temperatura y presión de diseño, las características corrosivas del fluido contenido en el recipiente, los coste, la disponibilidad en el mercado de medidas estándares y la compatibilidad del material con el medioambiente del proceso.

Los valores de esfuerzo máximo permisibles pueden encontrarse recogidos en la tabla 37.

**Tabla 37.** Esfuerzo máximo permisible en función de la temperatura

Material	Grado	Resistencia a la tracción mín. (ksi)	Resistencia a la fluencia mín. (ksi)	Temperatura máxima (°F)	Esfuerzo máximo permisible a la temperatura (ksi = 1000 psi)				
					100	300	500	700	900
Acero al carbono	A285 Gr A	45	24	900	12,9	12,9	12,9	11,5	5,9
Acero al carbono apagado	A515 Gr 60	60	32	1000	17,1	17,1	17,1	14,3	5,9
Acero de baja aleación 1%Cr, 0,5%Mo, Si	A387 Gr 22	60	30	1200	17,1	16,6	16,6	16,6	13,6
Acero inoxidable 13 Cr	410	65	30	1200	18,6	17,8	17,2	16,2	12,3
Acero inoxidable 18 Cr, 8 Ni	304	75	30	1500	20,0	15,0	12,9	11,7	10,8
Acero inoxidable 18 Cr, 10 Ni, Cb	347	75	30	1500	20,0	17,1	15,0	13,8	13,4
Acero inoxidable 18 Cr, 10 Ni, Ti	321	75	30	1500	20,0	16,5	14,3	13,0	12,3
Acero inoxidable 16 Cr, 12 Ni, 2 Mo	316	75	30	1500	20,0	15,6	13,3	12,1	11,5

#### 4.4. Corrosión permisible

La corrosión permisible es el espesor adicional del metal añadido para permitir la pérdida de material por corrosión y erosión, o desescamación. El código ASME BPV Sec. VIII D.1 establece que el usuario del recipiente debe especificar las tolerancias a la corrosión. Los espesores de pared mínimos calculados usando las normas dadas en el código están en la condición de totalmente corroídos. La corrosión es un fenómeno complejo, y no es posible ofrecer normas específicas para la estimación de la corrosión permisible requerida para todas las circunstancias. La tolerancia se debe basar en la experiencia con el material de construcción bajo condiciones de servicio similares a aquellas para el diseño propuesto. Para aceros de carbono y de aleación baja, donde no se espera una corrosión severa, se debe usar una tolerancia mínima de 2,0 mm; donde se anticipan condiciones más severas se debe aumentar a 4 mm.

#### 4.5. Espesor de la carcasa

Existe un espesor mínimo de pared requerido para garantizar que cualquier recipiente es suficientemente rígido para soportar su propio peso y cualquier carga adicional. El espesor de la pared de cualquier recipiente no debe ser menor que los valores dados en la Tabla 38.

**Tabla 38.** Espesores mínimos en función del diámetro

Diámetro del recipiente (m)	Espesor mínimo (mm)
1	5
1 a 2	7
2 a 2,5	9
2,5 a 3,0	10
3,0 a 3,5	12

## Anexo II. Cálculos justificativos

Para una carcasa cilíndrica el espesor mínimo requerido para resistir la presión interna se puede determinar a partir de las ecuaciones 50 y 51.

$$t = \frac{P_i \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot E - 1,2 \cdot P_i} \quad [50]$$

$$t = \frac{P_i \cdot D_i}{4 \cdot S \cdot E - 0,8 \cdot P_i} \quad [51]$$

donde

t: espesor de la carcasa (mm)

P<sub>i</sub>: presión de diseño (N/mm<sup>2</sup>)

D<sub>i</sub>: diámetro interno (mm)

S: esfuerzo máximo permisible (Pa), interpolación de la tabla 37.

E: eficiencia máxima permisible de la unión, tabla 39.

El código ASME BPV especifica que el espesor mínimo debe ser el valor mayor determinado a partir de las ecuaciones 50 y 51.

La resistencia de una unión soldada dependerá del tipo de unión y de la calidad de la soldadura. La solidez de las soldaduras se comprueba por inspección visual y por un ensayo no destructivo (radiografía). El valor de la eficiencia de la unión usado en el diseño dependerá del tipo de unión y la cantidad de radiografía requerida por el código del diseño. En la tabla 39 se muestran valores típicos.

**Tabla 39.** Eficiencia máxima permisible de la unión

Descripción del trabajo	Categoría de la unión	Grado de examen radiográfico		
		Completo	Puntual	Ninguno
Unión a tope doblemente soldada o equivalente	A, B, C, D	1,0	0,85	0,70
Unión a tope, soldadura única con tira de apoyo	A, B, C, D	0,9	0,8	0,65
Unión a tope, soldadura única sin tira de apoyo	A, B, C	NA	NA	0,60
Unión de superposición doblemente rellena completa	A, B, C	NA	NA	0,55
Unión de superposición rellena completa con soldaduras de tapón	B, C	NA	NA	0,50
Unión de superposición rellena completa sin soldaduras de tapón	A, B	NA	NA	0,45

Para el diseño de los equipos del presente proyecto se selecciona una eficiencia máxima permisible de 0,85 con un grado de examen radiográfico puntual para una unión a tope doblemente soldada o equivalente.

#### 4.6. Espesor de los cabezales

Los extremos de un recipiente cilíndrico se cierran mediante cabezales de varias formas. Los principales tipos son:

- Placas planas y cabezales planos
- Cabezales hemisféricos
- Cabezales elípticos
- Cabezales torisféricos

Los cabezales estándar torisféricos son los cierres de terminaciones más comúnmente usados para recipientes que trabajan hasta presiones de 15 bares, por lo que serán los utilizados en los equipos diseñados del presente proyecto.

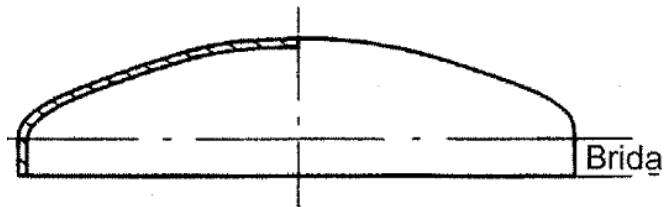


Figura 16. Cabezal torisférico

En un cierre torisférico existen dos uniones: aquella entre la sección cilíndrica y el cabezal, y aquella en la unión de la corona y los radios de las articulaciones. Los esfuerzos de cizalladura y flexión provocados por la dilatación diferencial que se producirá en estos puntos se deben tener en cuenta en el diseño de los cabezales. El espesor de este tipo de cabezales se obtiene por medio de la ecuación 52.

$$t = \frac{0,885 \cdot P_i \cdot R_c}{S \cdot E - 0,1 \cdot P_i} \quad [52]$$

donde

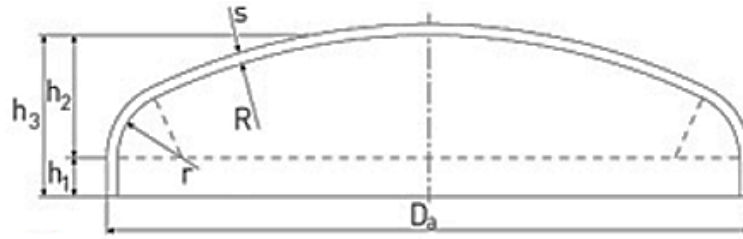
Rc: radio de la corona (mm)

La relación de los radios de articulación a la corona no debería ser menos a 0,6, para evitar el pandeo; y el radio de la corona no debería ser mayor al diámetro de la sección cilíndrica.

#### 4.7. Dimensiones del cilindro y el cabezal

En esta apartado se determina la altura del cabezal así como de la parte cilíndrica del equipo.

## Anexo II. Cálculos justificativos



**Figura 17.** Dimensiones del cabezal torisférico

Para ello, se hace uso de las siguientes relaciones:

$$R = D_a \quad [53]$$

$$r = 0,1 \cdot D_a \quad [54]$$

$$h_1 = 3,5 \cdot t \quad [55]$$

$$h_2 = 0,1935 \cdot D_a - 0,455 \cdot t \quad [56]$$

$$h_3 = h_1 + h_2 \quad [57]$$

$$h_{cilindro} = h_{total} - 2 \cdot h_3 \quad [58]$$

### 4.8. Peso del recipiente vacío

Para calcular el peso del recipiente, se utiliza una ecuación que aproxima el peso de un equipo cilíndrico con terminaciones abombadas y espesor de pared uniforme. Cuando se trata de un recipiente de acero, se utiliza la ecuación 59.

$$W_v = 240 \cdot C_w \cdot D_w \cdot (H_v + 0,8 \cdot D_m) \cdot t \quad [59]$$

donde

$W_v$  = peso total de la carcasa, N

$C_w$  = factor que se toma 1,08 para recipientes con pocos accesorios internos y 1,15 para columnas de destilación o recipientes similares

$H_v$  = longitud de la sección cilíndrica, m

$g$  = aceleración de la gravedad,  $m/s^2$

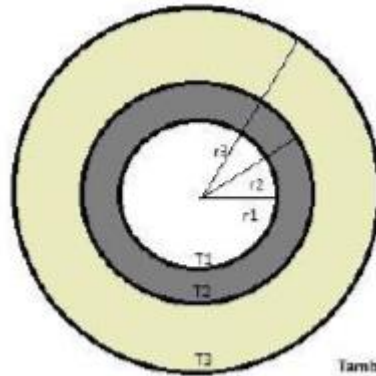
$t$  = espesor de la carcasa, mm

$D_m$  = diámetro medio del recipiente ( $D_i + t \cdot 10^{-3}$ ), m

#### 4.9. Espesor del aislante

Hay equipos que operan bajo condiciones severas de temperatura y resulta conveniente el estudio de un sistema aislante. Un aislante común es la espuma de poliuretano expandido que tiene una conductividad térmica de 0.023 W/m·K.

El esquema de temperaturas y radios que se empleará para el cálculo del espesor del aislante es el siguiente:



**Figura 18.** Esquema de temperaturas y radios

Se considerará una temperatura ambiente de 25°C, y una temperatura de la superficie del aislante de 45°C. Además, para llevar a cabo los cálculos correspondientes se necesitan valores de las propiedades del aire a la temperatura ambiente y los módulos adimensionales: Prandtl, Rayleigh y Nusselt.

El Prandtl del aire a la temperatura ambiente se encuentra tabulado y tiene un valor de 0,7296, y a partir del mismo se pueden obtener los otros valores mediante las ecuaciones 60 y 61.

$$Ra = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_3 - T_{ambiente}) \cdot L^3}{\mu^2 \cdot Pr} \quad [60]$$

donde

$g$  = aceleración de la gravedad, m/s<sup>2</sup>

$\beta$  = 1/T<sub>media</sub>, K<sup>-1</sup>

$\mu$  = viscosidad del aire a la temperatura ambiente, m<sup>2</sup>/s

$$Nu = \left[ 0,6 + \left( \frac{0,387 \cdot Ra^{1/6}}{\left[ 1 + \left( \frac{0,559}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right) \right]^2 \quad [61]$$

## Anexo II. Cálculos justificativos

Asimismo, se puede obtener el coeficiente de transmisión de calor a partir del Nusselt, según la ecuación 62, y a partir del mismo se tiene el calor transmitido al exterior a lo largo de la pared cilíndrica con la ecuación 63.

$$Nu = \frac{h \cdot L}{k} \quad [62]$$

donde

k = conductividad del aire, W/m·K

L = longitud del cilindro, m

$$Q = h \cdot A \cdot (T_3 - T_{ambiente}) \quad [63]$$

A partir de ese valor de Q, se obtiene la temperatura de la fase intermedia,  $T_2$  (ecuación 64), y haciendo uso de la herramienta *Solver*, se resuelve el problema de programación lineal obteniéndose el radio externo y, consecuentemente, el espesor del aislante.

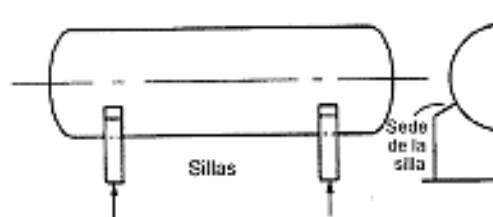
$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot k \cdot (T_i - T_{i+1})}{\ln(r_{i+1}/r_i)} \quad [64]$$

:

### 4.10. Soporte para equipos

El método utilizado para soportar un recipiente dependerá del tamaño, la forma y el peso del recipiente, además de las condiciones de diseño, la disposición del recipiente y los accesorios internos y externos. Se deberán diseñar los soportes de manera que se permita el fácil acceso al recipiente y accesorios para su inspección y mantenimiento.

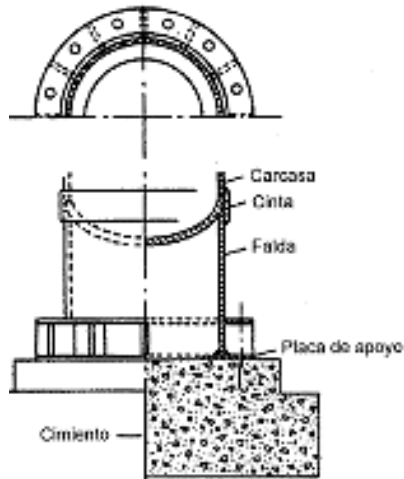
Para equipos horizontales, el montaje habitual se hace sobre soportes de silla como se muestra en la figura 19.



**Figura 19.** Recipiente cilíndrico horizontal con soportes de silla de montar

## Anexo II. Cálculos justificativos

Para equipos en disposición vertical, el soporte debe proporcionar una estabilidad suficiente frente al viento o esfuerzos accidentales. En este caso, se prefieren soportes de falda, como los mostrados en la figura 20, ya que reparten el esfuerzo entre toda la sección del equipo. El espesor de este tipo de soporte no debe ser menor a 6 mm.



**Figura 20.** Diseño típico con soporte de falda

#### 4.11. Intercambiador de calor E-101

Para el diseño mecánico del reactor se ha escogido como material el acero al carbono. Las condiciones de operación y de diseño en el intercambiador E-101 se muestran en la tabla 40.

**Tabla 40.** Condiciones de operación y diseño del intercambiador de calor E-101

	<b>Carcasa</b>		<b>Tubos</b>	
	<b>Operación</b>	<b>Diseño</b>	<b>Operación</b>	<b>Diseño</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	180	190	150	160
<b>Presión (Pa)</b>	202650,0548	222915,06	202650,055	222915,06

##### 4.11.1. Espesor de la carcasa y los tubos

El espesor requerido será el mayor valor resultante de la aplicación de las ecuaciones 50 y 51 y los resultados se recogen en la tabla 41.

**Tabla 41.** Resultados del espesor de la carcasa y los tubos

	<b>Carcasa</b>	<b>Tubos</b>
<b><math>P_i</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	0,22	0,22
<b><math>D_i</math> (mm)</b>	371,68	21,00
<b><math>S</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	88,94	88,94
<b><math>E</math></b>	0,85	0,85
<b><math>t</math> (mm) ec. 51</b>	0,27	0,02
<b><math>t</math> (mm) ec. 50</b>	0,55	0,03
<b>Adición por corrosión (mm)</b>	2	2
<b><math>t_{final}</math> (mm)</b>	2,55	2,03

En vista de los resultados obtenidos, el espesor obtenido en ambos casos está por debajo del valor mínimo recomendado mostrado en la tabla 38. Es por esto que se considerará un espesor mínimo de 5 mm.

#### 4.11.2. Espesor del cabezal

Como ya se dijo, se diseñan cabezales torisféricos y su espesor se obtiene a partir de la ecuación 52.

**Tabla 42.** Resultados del espesor del cabezal

$P_i$ (N/mm <sup>2</sup> )	0,22
$R_c$ (mm)	371,68
$S$ (N/mm <sup>2</sup> )	88,94
$E$	0,85
$t$ (mm)	0,97
Adición por corrosión (mm)	2
$t_{final}$ (mm)	2,97

#### 4.11.3. Dimensiones del cilindro y el cabezal

Tras la aplicación de las ecuaciones 53, 54, 55, 56, 57 y 58, se han obtenido los siguientes resultados de las alturas mostrados en la tabla 43.

**Tabla 43.** Dimensiones del cilindro y el cabezal

<b>R (m)</b>	0,372
<b>r (m)</b>	0,004
<b>h<sub>1</sub> (m)</b>	0,010
<b>h<sub>2</sub> (m)</b>	0,071
<b>h<sub>3</sub> (m)</b>	0,081
<b>h<sub>total</sub> (m)</b>	1,829
<b>h<sub>cilindro</sub> (m)</b>	1,667

#### 4.11.4. Peso del recipiente vacío

Los resultados del peso aproximado de reactor obtenido a partir de la ecuación 59 se recogen en la tabla 44.

**Tabla 44.** Peso del recipiente vacío

<b>C<sub>w</sub></b>	1,08
<b>H<sub>v</sub> (m)</b>	1,828
<b>g (m/s<sup>2</sup>)</b>	9,81
<b>D<sub>m</sub> (m)</b>	0,376
<b>W<sub>v</sub> (N)</b>	1039,884
<b>W<sub>v</sub> (kg)</b>	106,002

#### 4.11.5. Espesor del aislante

Los resultados obtenidos tras la aplicación de las ecuaciones 60, 61, 62, 63 y 64 para la obtención del espesor del aislante se muestran en la tabla 45.

**Tabla 45.** Resultados del espesor del aislante

<b>T<sub>ambiente</sub> (K)</b>	298,15
<b>T<sub>3</sub> (K)</b>	318,15
<b>T<sub>1</sub> (K)</b>	448,15
<b>T<sub>media</sub> (K)</b>	308,15
<b>k<sub>aire</sub> (W/m·K)</b>	0,026
<b>μ (m<sup>2</sup>/s)</b>	1,56·10 <sup>-5</sup>
<b>Longitud (m)</b>	1,829
<b>k<sub>aislante</sub> (W/m·K)</b>	0,023
<b>Pr</b>	0,730
<b>Ra</b>	1,16·10 <sup>10</sup>
<b>Nu</b>	100,306
<b>h (W/m<sup>2</sup>·K)</b>	1,399
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	3,182
<b>Q (W)</b>	89,050
<b>T<sub>2</sub> (K)</b>	448,148
<b>r<sub>1</sub> (m)</b>	0,186
<b>r<sub>2</sub> (m)</b>	0,188
<b>r<sub>3</sub> (m)</b>	0,277
<b>e (m)</b>	0,089

Se observa que el valor de T<sub>2</sub> es igual que la temperatura en el interior del reactor, algo de esperar puesto que la transferencia de calor por conducción a través del material de la carcasa presenta muy poca resistencia.

#### 4.12. Intercambiador de calor E-102

Para el diseño mecánico del reactor se ha escogido como material el acero inoxidable de grado 316 debido a la presencia de elementos corrosivos.

Las condiciones de operación y de diseño en el intercambiador E-102 se muestran en la tabla 46.

**Tabla 46.** Condiciones de operación y diseño del intercambiador de calor E-102

	<b>Carcasa</b>		<b>Tubos</b>	
	<b>Operación</b>	<b>Diseño</b>	<b>Operación</b>	<b>Diseño</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	180	190	150	160
<b>Presión (Pa)</b>	202650,0548	222915,06	202650,055	222915,06

##### 4.12.1. Espesor de la carcasa y los tubos

El espesor requerido será el mayor valor resultante de la aplicación de las ecuaciones 50 y 51 y los resultados se recogen en la tabla 47.

**Tabla 47.** Resultados del espesor de la carcasa y de los tubos

	<b>Carcasa</b>	<b>Tubos</b>
<b><math>P_i</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	0,22	0,22
<b><math>D_i</math> (mm)</b>	370,57	21,00
<b><math>S</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	101,69	105,97
<b>E</b>	0,85	0,85
<b>t (mm) ec. 51</b>	0,24	0,01
<b>t (mm) ec. 50</b>	0,48	0,03
<b>Adición por corrosión (mm)</b>	4	4
<b><math>t_{final}</math> (mm)</b>	4,48	4,03

En vista de los resultados obtenidos, el espesor obtenido en ambos casos está por debajo del valor mínimo recomendado mostrado en la tabla 38. Es por esto que se considerará un espesor mínimo de 5 mm.

#### 4.12.2. Espesor del cabezal

Como ya se dijo, se diseñan cabezales torisféricos y su espesor se obtiene a partir de la ecuación 52.

**Tabla 48.** Resultado del espesor del cabezal

$P_i$ (N/mm <sup>2</sup> )	0,22
$R_c$ (mm)	370,57
$S$ (N/mm <sup>2</sup> )	101,69
$E$	0,85
$t$ (mm)	0,85
Adición por corrosión (mm)	4
$t_{final}$ (mm)	4,85

#### 4.12.3. Dimensiones del cilindro y el cabezal

Tras la aplicación de las ecuaciones 53, 54, 55, 56, 57 y 58, se han obtenido los siguientes resultados de las alturas mostrados en la tabla 49.

**Tabla 49.** Dimensiones del cilindro y el cabezal

$R$ (m)	0,371
$r$ (m)	0,004
$h_1$ (m)	0,017
$h_2$ (m)	0,070
$h_3$ (m)	0,086
$h_{total}$ (m)	1,219
$h_{cilindro}$ (m)	1,046

#### 4.12.4. Peso del recipiente vacío

Los resultados del peso aproximado de reactor obtenido a partir de la ecuación 59 se recogen en la tabla 50.

**Tabla 50.** Peso del recipiente vacío

$C_w$	1,08
$H_v$ (m)	1,22
$g$ (m/s <sup>2</sup> )	9,81
$D_m$ (m)	0,38
$W_v$ (N)	739,68
$W_v$ (kg)	75,40

#### 4.12.5. Espesor del aislante

Los resultados obtenidos tras la aplicación de las ecuaciones 60, 61, 62, 63 y 64 para la obtención del espesor del aislante se muestran en la tabla 51.

**Tabla 51.** Resultados del espesor del aislante

<b>T<sub>ambiente</sub> (K)</b>	298,15
<b>T<sub>3</sub> (K)</b>	318,15
<b>T<sub>1</sub> (K)</b>	448,15
<b>T<sub>media</sub> (K)</b>	308,15
<b>k<sub>aire</sub> (W/m·K)</b>	0,026
<b>μ (m<sup>2</sup>/s)</b>	1,56·10 <sup>-5</sup>
<b>Longitud (m)</b>	1,219
<b>k<sub>aislante</sub> (W/m·K)</b>	0,023
<b>Pr</b>	0,730
<b>Ra</b>	3,45·10 <sup>9</sup>
<b>Nu</b>	68,683
<b>h (W/m<sup>2</sup>·K)</b>	1,437
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	2,117
<b>Q (W)</b>	60,846
<b>T<sub>2</sub> (K)</b>	448,138
<b>r<sub>1</sub> (m)</b>	0,185
<b>r<sub>2</sub> (m)</b>	0,190
<b>r<sub>3</sub> (m)</b>	0,276
<b>e (m)</b>	0,087

Se observa que el valor de T<sub>2</sub> es igual que la temperatura en el interior del reactor, algo de esperar puesto que la transferencia de calor por conducción a través del material de la carcasa presenta muy poca resistencia.

### 4.13. Intercambiador de calor E-103

Para el diseño mecánico del reactor se ha escogido como material el acero al carbono. Las condiciones de operación y de diseño en el intercambiador E-101 se muestran en la tabla 52.

**Tabla 52.** Condiciones de operación y diseño del intercambiador E-103

	Carcasa		Tubos	
	Operación	Diseño	Operación	Diseño
<b>Temperatura (°C)</b>	180	190	150	160
<b>Presión (Pa)</b>	202650,0548	222915,06	202650,055	222915,06

#### 4.13.1. Espesor de la carcasa y los tubos

El espesor requerido será el mayor valor resultante de la aplicación de las ecuaciones 50 y 51 y los resultados se recogen en la tabla 53.

**Tabla 53.** Resultados del espesor de la carcasa y los tubos

	Carcasa	Tubos
<b><math>P_i</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	0,22	0,22
<b><math>D_i</math> (mm)</b>	885,34	34,00
<b><math>S</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	88,94	88,94
<b><math>E</math></b>	0,85	0,85
<b><math>t</math> (mm) ec. 51</b>	0,65	0,03
<b><math>t</math> (mm) ec. 50</b>	1,31	0,05
<b>Adición por corrosión (mm)</b>	2	2
<b><math>t_{final}</math> (mm)</b>	3,31	2,05

En vista de los resultados obtenidos, el espesor obtenido en ambos casos está por debajo del valor mínimo recomendado mostrado en la tabla 38. Es por esto que se considerará un espesor mínimo de 5 mm.

#### 4.13.2. Espesor del cabezal

Como ya se dijo, se diseñan cabezales torisféricos y su espesor se obtiene a partir de la ecuación 52.

**Tabla 54.** Resultados del espesor del cabezal

$P_i$ (N/mm <sup>2</sup> )	0,22
$R_c$ (mm)	885,34
$S$ (N/mm <sup>2</sup> )	88,94
$E$	0,85
$t$ (mm)	2,31
Adición por corrosión (mm)	2
$t_{final}$ (mm)	4,31

#### 4.13.3. Dimensiones del cilindro y el cabezal

Tras la aplicación de las ecuaciones 53, 54, 55, 56, 57 y 58 se han obtenido los siguientes resultados de las alturas mostrados en la tabla 55.

**Tabla 55.** Dimensiones del cilindro y el cabezal

$R$ (m)	0,885
$r$ (m)	0,009
$h_1$ (m)	0,015
$h_2$ (m)	0,169
$h_3$ (m)	0,184
$h_{total}$ (m)	1,219
$h_{cilindro}$ (m)	0,850

#### 4.13.4. Peso del recipiente vacío

Los resultados del peso aproximado de reactor obtenido a partir de la ecuación 59 se recogen en la tabla 56.

**Tabla 56.** Peso del recipiente vacío

$C_w$	1,08
$H_v$ (m)	1,22
$g$ (m/s <sup>2</sup> )	9,81
$D_m$ (m)	0,89
$W_v$ (N)	2228,67
$W_v$ (kg)	227,18

#### 4.13.5. Espesor del aislante

Los resultados obtenidos tras la aplicación de las ecuaciones 60, 61, 62, 63 y 64 para la obtención del espesor del aislante se muestran en la tabla 57.

**Tabla 57.** Resultados del espesor del aislante

<b>T<sub>ambiente</sub> (K)</b>	298,15
<b>T<sub>3</sub> (K)</b>	318,15
<b>T<sub>1</sub> (K)</b>	448,15
<b>T<sub>media</sub> (K)</b>	308,15
<b>k<sub>aire</sub> (W/m·K)</b>	0,026
<b>μ (m<sup>2</sup>/s)</b>	1,56E-05
<b>Longitud (m)</b>	1,219
<b>k<sub>aislante</sub> (W/m·K)</b>	0,023
<b>Pr</b>	0,730
<b>Ra</b>	3,45·10 <sup>9</sup>
<b>Nu</b>	68,683
<b>h (W/m<sup>2</sup>·K)</b>	1,437
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	4,140
<b>Q (W)</b>	118,978
<b>T<sub>2</sub> (K)</b>	448,148
<b>r<sub>1</sub> (m)</b>	0,443
<b>r<sub>2</sub> (m)</b>	0,446
<b>r<sub>3</sub> (m)</b>	0,541
<b>e (m)</b>	0,095

Se observa que el valor de T<sub>2</sub> es igual que la temperatura en el interior del reactor, algo de esperar puesto que la transferencia de calor por conducción a través del material de la carcasa presenta muy poca resistencia.

#### 4.14. Columna de absorción T-201

Para el diseño mecánico del reactor se ha escogido como material el acero al carbono. Las condiciones de operación y de diseño en la torre se muestran en la tabla 58.

**Tabla 58.** Condiciones de operación y diseño de la columna de absorción T-201

	<b>Operación</b>	<b>Diseño</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	20	30
<b>Presión (Pa)</b>	101325,0274	111457,53

##### 4.14.1. Espesor de la carcasa

El espesor de la carcasa requerido será el mayor valor resultante de la aplicación de las ecuaciones 50 y 51 y los resultados se recogen en la tabla 59.

**Tabla 59.** Resultados del espesor de la carcasa

<b><math>P_i</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	0,11
<b><math>D_i</math> (mm)</b>	2505,67
<b><math>S</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	88,94
<b><math>E</math></b>	0,85
<b><math>t</math> (mm) ec. 51</b>	0,92
<b><math>t</math> (mm) ec. 50</b>	1,85
<b>Adición por corrosión (mm)</b>	2
<b><math>t_{final}</math> (mm)</b>	3,85

En vista de los resultados obtenidos, el espesor obtenido está por debajo del valor mínimo recomendado mostrado en la tabla 38. Es por esto que se considerará un espesor mínimo de 9 mm.

##### 4.14.2. Espesor del cabezal

Como ya se dijo, se diseñan cabezales torisféricos y su espesor se obtiene a partir de la ecuación 52.

**Tabla 60.** Resultados del espesor del cabezal

<b><math>P_i</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	0,11
<b><math>R_c</math> (mm)</b>	2505,67
<b><math>S</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	88,94
<b><math>E</math></b>	0,85
<b><math>t</math> (mm)</b>	3,27
<b>Adición por corrosión (mm)</b>	2
<b><math>t_{final}</math> (mm)</b>	5,27

#### 4.15. Reactor R-101 y R-102

Para el diseño mecánico del reactor se ha escogido como material el acero inoxidable de grado 316 por la presencia de elementos corrosivos.

Las condiciones de operación y de diseño en el reactor se muestran en la tabla 61.

**Tabla 61.** Condiciones de operación y diseño de los reactores R-101 y R-102

	<b>Operación</b>	<b>Diseño</b>
<b>Temperatura (°C)</b>	480	490
<b>Presión (Pa)</b>	202650,05	222915,06

##### 4.15.1. Espesor de la carcasa

El espesor de la carcasa requerido será el mayor valor resultante de la aplicación de las ecuaciones 50 y 51 y los resultados se recogen en la tabla 62.

**Tabla 62.** Resultados del espesor de la carcasa

<b><math>P_i</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	0,22
<b><math>D_i</math> (mm)</b>	1471,13
<b><math>S</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	79,29
<b><math>E</math></b>	0,85
<b><math>t</math> (mm) ec. 51</b>	1,22
<b><math>t</math> (mm) ec. 50</b>	2,44
<b>Adición por corrosión (mm)</b>	4
<b><math>t_{final}</math> (mm)</b>	6,44

En vista de los resultados obtenidos, el espesor obtenido está por debajo del valor mínimo recomendado mostrado en la tabla 38. Es por esto que se considerará un espesor mínimo de 7 mm.

##### 4.15.2. Espesor del cabezal

Como ya se dijo, se diseñan cabezales torisféricos y su espesor se obtiene a partir de la ecuación 52.

**Tabla 63.** Resultados del espesor del cabezal

<b><math>P_i</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	0,22
<b><math>R_c</math> (mm)</b>	1471,13
<b><math>S</math> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	79,29
<b><math>E</math></b>	0,85
<b><math>t</math> (mm)</b>	4,31
<b>Adición por corrosión (mm)</b>	4
<b><math>t_{final}</math> (mm)</b>	8,31

#### 4.15.3. Dimensiones del cilindro y el cabezal

Tras la aplicación de las ecuaciones 53, 54, 55, 56, 57 y 58, se han obtenido los siguientes resultados de las alturas mostrados en la tabla 64.

**Tabla 64.** Dimensiones del cilindro y el cabezal

<b>R (m)</b>	1,47
<b>r (m)</b>	0,01
<b>h<sub>1</sub> (m)</b>	0,03
<b>h<sub>2</sub> (m)</b>	0,28
<b>h<sub>3</sub> (m)</b>	0,31
<b>h<sub>total</sub> (m)</b>	2,09
<b>h<sub>cilindro</sub> (m)</b>	1,47

#### 4.15.4. Peso del recipiente vacío

Los resultados del peso aproximado de reactor obtenido a partir de la ecuación 59 se recogen en la tabla 65.

**Tabla 65.** Peso del recipiente vacío

<b>C<sub>w</sub></b>	1,08
<b>H<sub>v</sub> (m)</b>	1,47
<b>g (m/s<sup>2</sup>)</b>	9,81
<b>D<sub>m</sub> (m)</b>	1,48
<b>W<sub>v</sub> (N)</b>	7110,02
<b>W<sub>v</sub> (kg)</b>	724,77

#### 4.15.5. Espesor del aislante

Los resultados obtenidos tras la aplicación de las ecuaciones 60, 61, 62, 63 y 64 para la obtención del espesor del aislante se muestran en la tabla 66.

**Tabla 66.** Resultados del espesor del aislante

$T_{\text{ambiente}}$ (K)	298,15
$T_3$ (K)	318,15
$T_1$ (K)	753,15
$T_{\text{media}}$ (K)	308,15
$k_{\text{aire}}$ (W/m·K)	0,026
$\mu$ (m <sup>2</sup> /s)	$1,56 \cdot 10^{-5}$
Longitud (m)	1,469
$k_{\text{aislante}}$ (W/m·K)	0,023
Pr	0,730
Ra	$6,02 \cdot 10^9$
Nu	81,672
$h$ (W/m <sup>2</sup> ·K)	1,419
A (m <sup>2</sup> )	9,603
Q (W)	272,474
$T_2$ (K)	753,145
$r_1$ (m)	0,736
$r_2$ (m)	0,742
$r_3$ (m)	1,041
$e$ (m)	0,299

Se observa que el valor de  $T_2$  es igual que la temperatura en el interior del reactor, algo de esperar puesto que la transferencia de calor por conducción a través del material de la carcasa presenta muy poca resistencia.

# **ANEXO III**

Fichas de seguridad

## ÍNDICE

1. Propileno
2. Amoníaco
3. Oxígeno
4. Nitrógeno
5. Acrilonitrilo
6. Acetonitrilo
7. Cianuro de hidrógeno
8. Dióxido de carbono
9. Acroleína
10. Ácido sulfúrico
11. Sulfato de amonio

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Propileno (propeno)

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 27.08.2015

Versión: 1.1

No. FDS: 000010021744  
1/16

**SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa**

## 1.1 Identificador del producto

Nombre del producto: Propileno (propeno)  
Nombre comercial: Propileno, Propileno 2.5, Propeno  
Identificación adicional  
Determinación química: propeno (propileno)

Fórmula química: C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>  
Número de identificación - UE: 601-011-00-9  
No. CAS: 115-07-1  
N.º CE: 204-062-1  
No. de registro REACH: 01-2119447103-50

## 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Uso identificado: Industriales y profesionales. Realizar la evaluación de riesgos antes de su uso. Gas combustible para la soldadura, aplicaciones de corte, calentamiento y aplicaciones de soldadura. Refrigerante. Traslado de gas o líquido. Uso como medio intermedio (transporte, aislamiento). Uso para fabricación de componentes electrónicos. Uso del gas solo o en mezclas para la calibración de equipos de análisis. Uso del gas como materia prima en procesos químicos. Formulación de mezclas de gases en recipientes a presión.

Usos no recomendados: Consumo particular.

## 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

## Proveedor

Abelló Linde, S. A.  
Calle Bailén 105  
E-08009 Barcelona

teléfono: +34 93 4 76 74 00

Correo electrónico: [customerservice@es.linde-gas.com](mailto:customerservice@es.linde-gas.com)

## 1.4 Teléfono de emergencia: +34 93 4 76 74 00

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Propileno (propeno)

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 27.08.2015

Versión: 1.1

No. FDS: 000010021744  
 2/16

## SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

## 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación con arreglo a la directiva 67/548/CEE o la directiva 1999/45/CE con sus modificaciones posteriores.

F+; R12

El texto completo de todas las frases R figura en la sección 16.

Clasificación de acuerdo con el reglamento (CE) No. 1272/2008 con sus modificaciones posteriores.

## Peligros Físicos

Gas inflamable	Categoría 1	H220: Gas extremadamente inflamable.
Gases a presión	Gas líquido	H280: Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.

## 2.2 Elementos de la Etiqueta



Palabras de Advertencia: Peligro

Indicación(es) de peligro: H220: Gas extremadamente inflamable.  
 H280: Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.

## Consejos de Prudencia

Prevención:	P210: Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.
Respuesta:	P377: Fuga de gas en llamas: No apagar, salvo si la fuga puede detenerse sin peligro. P381: Eliminar todas las fuentes de ignición si no hay peligro en hacerlo.
Almacenamiento:	P403: Almacenar en un lugar bien ventilado.
Eliminación:	Ninguno.

2.3 Otros peligros: El contacto con un líquido que está evaporándose puede causar quemaduras por frío o congelación de la piel.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Propileno (propeno)

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 27.08.2015

Versión: 1.1

No. FDS: 000010021744  
3/16

**SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes****3.1 Sustancias**

Determinación química: propeno (propileno)  
Número de identificación - UE: 601-011-00-9  
No. CAS: 115-07-1  
N.º CE: 204-062-1  
No. de registro REACH: 01-2119447103-50  
Pureza: 100%

La pureza de la sustancia indicada en esta sección se utiliza únicamente con fines de clasificación y no representa la pureza real de la sustancia tal como se suministra, para conocer la cual debe consultarse otra documentación.

Nombre comercial: Propileno, Propileno 2.5, Propeno

**SECCIÓN 4: Primeros auxilios**

**General:** A elevadas concentraciones puede causar asfixia. Los síntomas pueden incluir la pérdida de la consciencia o de la movilidad. La víctima no siente la asfixia. Retirar a la víctima a un área no contaminada llevando colocado el equipo de respiración autónoma. Mantener a la víctima caliente y en reposo. Llamar al doctor. Aplicar la respiración artificial si se para la respiración.

**4.1 Descripción de los primeros auxilios**

**Inhalación:** A elevadas concentraciones puede causar asfixia. Los síntomas pueden incluir la pérdida de la consciencia o de la movilidad. La víctima no siente la asfixia. Retirar a la víctima a un área no contaminada llevando colocado el equipo de respiración autónoma. Mantener a la víctima caliente y en reposo. Llamar al doctor. Aplicar la respiración artificial si se para la respiración.

**Contacto con los ojos:** Enjuagar el ojo con agua inmediatamente. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando. Lavar abundantemente con agua al menos durante 15 minutos. Recibir asistencia médica de inmediato. Si la asistencia médica no está disponible de inmediato, lavar con abundante agua durante 15 minutos más.

**Contacto con la Piel:** El contacto con un líquido que está evaporándose puede causar quemaduras por frío o congelación de la piel.

**Ingestión:** La ingestión no está considerada como una vía potencial de exposición.

**4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados:** Parada respiratoria. El contacto con gas licuado puede causar lesiones (deterioro por congelación) debido a un enfriamiento rápido por evaporación.

**4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente**

**Riesgos:** Parada respiratoria. El contacto con gas licuado puede causar lesiones (deterioro por congelación) debido a un enfriamiento rápido por evaporación.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Propileno (propeno)

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 27.08.2015

Versión: 1.1

No. FDS: 000010021744  
4/16

**Tratamiento:** Descongelar las partes heladas con agua tibia. No frotar la zona afectada. Consultar a un médico inmediatamente.

**SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios**

**Riesgos Generales de Incendio:** El calor puede ocasionar explosión de los recipientes.

**5.1 Medios de extinción**

**Medios de extinción apropiados:** Agua pulverizada o niebla. Polvo seco. Espuma.

**Medios de extinción no apropiados:** Dióxido de carbono.

**5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla:** No hay datos disponibles.

**Productos de combustión peligrosos:** Óxidos de carbono.

**5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios**

**Medidas especiales de lucha contra incendios:** En caso de incendio: Detener la fuga, si no hay peligro en hacerlo. No extinga las llamas en el lugar donde se produjo la fuga porque existe la posibilidad de reencendido incontrolado con explosión. Continuar vertiendo agua pulverizada desde un lugar protegido hasta que los contenedores permanezcan fríos. Use los extintores para contener el fuego. Aislar la fuente del fuego o dejar que se quemé. Evite que las aguas residuales entren en las cunetas, alcantarillados o vías fluviales.

**Equipos de protección especial que debe llevar el personal de lucha contra incendios:** Los bomberos deben utilizar un equipo de protección estándar incluyendo chaqueta ignífuga, casco con careta, guantes, botas de goma, y, en espacios cerrados, equipo de respiración autónomo (SCBA, según sus siglas en inglés). Guía: EN 469: Ropa de protección contra incendios. Requisitos de funcionamiento para la ropa de protección contra incendios. EN 15090 Calzado para extinción de incendios. EN 659 Guantes de protección para extinción de incendios. EN 443 Cascos para la lucha contra incendios en edificios y otras estructuras. EN 137 Equipos de protección respiratoria - Dispositivos autónomos de circuito abierto de aire comprimido para aparato de respiración con máscara completa - requisitos, ensayos, marcado.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Propileno (propeno)

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 1.1

No. FDS: 000010021744

Fecha de revisión: 27.08.2015

5/16

**SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental**

- 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia:** Evacuar la zona. Procure una ventilación adecuada. Considere el riesgo de atmósfera potencialmente explosiva. Eliminar todas las fuentes de ignición si no hay peligro en hacerlo. Monitorizar la concentración del producto liberado. Prevenir la entrada en alcantarillas, sótanos, fosos de trabajo o cualquier lugar donde su acumulación pueda ser peligrosa. Utilizar equipos de respiración autónoma cuando entren en el área a menos que esté probado que la atmósfera es segura. EN 137 Equipos de protección respiratoria - Dispositivos autónomos de circuito abierto de aire comprimido para aparato de respiración con máscara completa - requisitos, ensayos, marcado.
- 6.2 Precauciones Relativas al Medio Ambiente:** Impedir nuevos escapes o derrames de forma segura.
- 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza:** Procure una ventilación adecuada. Elimine las fuentes de ignición. Mantener el área evacuada y libre de fuentes de ignición hasta que el líquido derramado se haya evaporado. El suelo deberá estar libre de heladas.
- 6.4 Referencia a otras secciones:** Ver también secciones 8 y 13.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Propileno (propeno)

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 27.08.2015

Versión: 1.1

No. FDS: 000010021744  
6/16

**SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento:****7.1 Precauciones para una manipulación segura:**

Los gases a presión únicamente deben ser manipulados por personas con experiencia y adecuadamente formadas. Utilizar sólo equipo específicamente apropiado para este producto y para su presión y temperatura de suministro. Purgue el sistema con un gas inerte seco (por ejemplo helio o nitrógeno) antes de introducir el producto y cuando el sistema esté puesto fuera de servicio. Purgar el aire del sistema antes de introducir el gas. Los recipientes que contienen o han contenido sustancias inflamables o explosivos no deben ser inertizados con dióxido de carbono líquido. Evaluar el riesgo de atmósferas potencialmente explosivas y la necesidad de disponer de equipos a prueba de explosiones. Evítese la acumulación de cargas electrostáticas. Mantener lejos de fuentes de ignición, incluyendo descarga estática. Los aparatos y el equipo eléctrico usados en ambientes explosivos tienen que estar conectados a tierra. Utilizar únicamente herramientas que no produzcan chispas. Consulte al proveedor sobre instrucciones de uso y manipulación. La sustancia debe ser manipulada de acuerdo a procedimientos de correcta higiene industrial y seguridad. Asegurarse que el sistema ha sido (o es regularmente) comprobado antes de su uso para detectar que no haya fugas. Proteja los recipientes de daños físicos; no arrastrar, deslizar, rodar o tirar. No quite las etiquetas suministradas por el proveedor como identificación del contenido del recipiente. Cuando mueva los recipientes, incluso en distancias cortas, use un carro diseñado para el transporte de este tipo de recipientes. Asegurarse que los recipientes estén siempre en posición vertical y cerrar las válvulas cuando no se estén usando. Procure una ventilación adecuada. Debe prevenirse la filtración de agua al interior del recipiente. No permitir el retroceso hacia el interior del recipiente. Evitar la succión de agua, ácido y alcalino. Mantener el contenedor por debajo de 50°C, en un lugar bien ventilado. Cumpla con todos los reglamentos y requisitos legales locales sobre el almacenamiento de los recipientes. No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización. Almacenar conforme a las normativas locales/regionales/nacionales/internacionales. Nunca use una llama directa o equipos eléctricos para aumentar la presión del recipiente. No retire las protecciones de las válvulas y en caso de necesidad nunca antes que el recipiente esté situado en su ubicación definitiva y asegurado en una pared o banco de trabajo adecuado. Recipientes con válvulas dañadas deben ser devueltos inmediatamente al proveedor. Cierre la válvula del recipiente después de su uso, incluso cuando esté vacío o esté conectado a un equipo. Nunca debe intentar reparar o modificar las válvulas o equipos de seguridad de los recipientes. Vuelva a colocar todas las protecciones de las válvulas tan pronto como el recipiente haya sido desconectado de su equipo. Mantenga todas las válvulas limpias y libres de aceites, petróleo o agua. Si el usuario tiene alguna dificultad en operar la válvula del recipiente, paralizar su uso y contactar con el proveedor. Nunca intente traspasar gases de un recipiente a otro. Las protecciones de las válvulas deben estar en su lugar.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Propileno (propeno)

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 27.08.2015

Versión: 1.1

No. FDS: 000010021744  
 7/16

**7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades:**

Todos los equipos eléctricos en las áreas de almacenamiento debe ser compatibles con el riesgo de atmósfera potencialmente explosiva. Separar de gases oxidantes y de otros materiales oxidantes durante el almacenamiento. Los envases no deben ser almacenados en condiciones que puedan favorecer la corrosión del recipiente. Los recipientes deben ser revisados periódicamente para garantizar unas correctas condiciones de uso y la inexistencia de fugas. Las protecciones de las válvulas deben estar en su lugar. Almacene los recipientes en lugares libres de riesgo de incendio y lejos de fuentes de calor e ignición. Manténgase lejos de materias combustibles.

**7.3 Usos específicos finales:** Ninguno.

**SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual**

**8.1 Parámetros de Control**

**Valores Límite de Exposición Profesional**

Determinación química	tipo	Valores Límite de Exposición		Fuente
propeno (propileno)	VLA-ED	500 ppm		España. Límites de Exposición Ocupacional (2012)
propeno (propileno)	Trabajador - por inhalación, corto plazo - local	860 mg/m <sup>3</sup>	-	
	Trabajador - por inhalación, corto plazo - sistémico	860 mg/m <sup>3</sup>	-	

**Valores PNEC**

Componente crítico	tipo	Valor	Observaciones
propeno (propileno)	agua dulce	1,38 mg/l	-
	agua de mar	1,38 mg/l	-

**8.2 Controles de la exposición**

**Controles técnicos apropiados:** Utilizar sistema de permisos de trabajo (por ejemplo para actividades de mantenimiento). Asegurar la adecuada ventilación de aire. Proveer ventilación adecuada de escape general y local. Mantener las concentraciones muy por debajo de los límites de explosividad inferior. Deben utilizarse detectores de gases cuando pueden ser liberados gases inflamables. Asegure una ventilación adecuada, incluyendo una extracción local adecuada para que los límites de exposición profesional no se excedan. Los sistemas bajo presión deben ser regularmente revisados para detectar fugas. El producto debe ser utilizado en sistemas cerrados. Usar únicamente instalaciones permanentemente libres de fugas (por ejemplo tuberías soldadas). Evítese la acumulación de cargas electrostáticas.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Propileno (propeno)

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 27.08.2015

Versión: 1.1

No. FDS: 000010021744  
8/16

**Medidas de protección individual, tales como equipos de protección personal**

- Información general:** Debe realizarse y documentarse la evaluación del riesgo en cada área de trabajo para evaluar los riesgos relacionados con el uso del producto y para seleccionar los equipos de protección individual correspondientes al riesgo. Se deben seguir las siguientes recomendaciones. Disponer de aparato de respiración autónomo para uso en caso de emergencia. Los equipos de protección individual para el cuerpo se deben seleccionar en base a las tareas a ejecutar y a los riesgos involucrados. Consulte la normativa local para la restricción de las emisiones a la atmósfera. Vea la sección 13 para los métodos específicos para el tratamiento de gases residuales. Prohibido comer, beber y fumar durante la utilización del producto.
- Protección de los ojos/la cara:** Se deben usar gafas de seguridad, guantes de seguridad y pantalla de protección facial para evitar el riesgo de exposición por salpicadura de líquido. Use protección ocular, según la norma EN 166, cuando se utilicen gases.  
Guía: EN 166: Gafas de protección.
- Protección cutánea**  
**Protección de las Manos:** Use guantes de protección cuando manipule los recipientes.  
Guía: EN 388 Guantes de protección contra riesgos mecánicos.  
Guía: EN 374-1/2/3 Guantes de protección contra productos químicos y microorganismos.  
Material: Neopreno.  
Tiempo de perforación: 240 min  
Guía: EN 511 Guantes de protección contra el frío.  
Material: Nitrilo.  
Tiempo de perforación: 240 min  
Guía: EN 511 Guantes de protección contra el frío.
- Protección corporal:** Llevar prendas ignífugas/resistentes al fuego/resistentes a las llamas.  
Guía: ISO / TR 2801:2007 Ropa de protección contra el calor y el fuego - Recomendaciones generales para la selección, cuidado y uso de ropa protectora.
- Otros:** Use zapatos de seguridad cuando manipule los recipientes.  
Guía: EN ISO 20345 Equipo de protección individual - Calzado de seguridad.
- Protección respiratoria:**  
Guía: EN 136: Equipos de protección respiratoria. Máscaras faciales completas. Requisitos, ensayos, marcado. Material: Filtro AX.  
Guía: EN 14387: Equipos de protección respiratoria. Filtros para gas (es) y filtros combinado (s). Requisitos, ensayos, marcado.
- Peligros térmicos:** No hay medidas preventivas necesarias.
- Medidas de higiene:** No son necesarias medidas de evaluación de riesgos más allá de la correcta manipulación de acuerdo a la higiene industrial y a los procedimientos de seguridad. Prohibido comer, beber y fumar durante la utilización del producto.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Propileno (propeno)

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 27.08.2015

Versión: 1.1

No. FDS: 000010021744  
 9/16

Controles de exposición  
 medioambiental:

Para información sobre la eliminación, véase la sección 13.

## SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

## 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

## Aspecto

Forma/estado:	Gas
Forma/Figura:	Gas líquido
Color:	Incoloro
Olor:	Prácticamente inodoro
Olor, umbral:	La superación de los límites por el olor es subjetiva e inadecuada para advertir del riesgo de sobreexposición.
pH:	No aplicable.
Punto de fusión:	-185,24 °C
Punto ebullición:	-47,69 °C (1.013 hPa)
Punto de sublimación:	No aplicable.
Temperatura crítica (°C):	92,4 °C
Punto de inflamación:	No aplicable para gases y mezclas de gases
Velocidad de evaporación:	No aplicable para gases y mezclas de gases
Inflamabilidad (sólido, gas):	Gas inflamable
Límite de inflamabilidad - superior (%):	11 %(v)
Límite de inflamabilidad - inferior (%):	1,8 %(v)
Presión de vapor:	1.158,5508 kPa (25 °C)
Densidad de vapor (aire=1):	1,49 AIRE = 1
Densidad relativa:	0,5139 (20 °C)4 °C
Solubilidad(es)	
Solubilidad en agua:	200 mg/l (25 °C)
Coeficiente de reparto (n-octanol/agua):	1,77
Temperatura de autoignición:	460 °C 455 °C
descomposición, temperatura de:	Desconocido.
Viscosidad	
Viscosidad cinemática:	No hay datos disponibles.
Viscosidad dinámica:	0,083 mPa.s (16,7 °C)
Propiedades explosivas:	No corresponde.
Propiedades comburentes:	No aplicable.

## 9.2 OTRA INFORMACIÓN:

El vapor es más pesado que el aire. Puede acumularse en espacios confinados, particularmente al nivel del suelo o en sótanos.

Peso molecular: 42,08 g/mol (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>)  
 Energía mínima de ignición: 0,28 mj

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Propileno (propeno)

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 27.08.2015

Versión: 1.1

No. FDS: 000010021744  
10/16

**SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad**

- 10.1 Reactividad:** No existen peligros de reacción distintos de los descritos en otras secciones.
- 10.2 Estabilidad Química:** Estable en condiciones normales.
- 10.3 Posibilidad de Reacciones Peligrosas:** Puede formar atmósferas potencialmente explosivas en aire. Puede reaccionar violentamente con materias oxidantes.
- 10.4 Condiciones que Deben Evitarse:** Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.
- 10.5 Materiales Incompatibles:** Aire y oxidantes. Por la compatibilidad de los materiales, consultar la última versión de la norma ISO-11114.
- 10.6 Productos de Descomposición Peligrosos:** Bajo condiciones normales de uso y almacenamiento, no debe producirse descomposición en productos peligrosos. La combustión incompleta puede formar monóxido de carbono. Óxidos de carbono.

**SECCIÓN 11: Información toxicológica**

**Información general:** Ninguno.

**11.1 Información sobre los efectos toxicológicos**

**Toxicidad aguda - Ingestión**  
**Producto** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Toxicidad aguda - Contacto dermal**  
**Producto** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Toxicidad aguda - Inhalación**  
**Producto** **No clasificado en cuanto a toxicidad aguda con los datos disponibles.**

propileno (propileno) LC 50 (Rata, 4 h): 369733 ppm

**Corrosión/Irritación Cutáneas**  
**Producto** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Lesiones Oculares Graves/Irritación Ocular**  
**Producto** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Propileno (propeno)

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 27.08.2015

Versión: 1.1

No. FDS: 000010021744  
11/16

**Sensibilización de la Piel o Respiratoria**

Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Mutagenicidad en Células Germinales**

Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Carcinogenicidad**

Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Toxicidad para la reproducción**

Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Toxicidad Sistémica Específica de Órganos Diana- Exposición Única**

Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Toxicidad Sistémica Específica de Órganos Diana- Exposiciones Repetidas**

Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Peligro por Aspiración**

Producto No aplicable para gases y mezclas de gases.

**SECCIÓN 12: Información ecológica****12.1 Toxicidad****Toxicidad aguda**

Producto Sin daños ecológicos causados por este producto.

**Toxicidad aguda - Pez**

propeno (propileno) LC 50 (Peces (Varios)., 96 h): 51,7 mg/l

**Toxicidad aguda - Invertebrados Acuáticos**

propeno (propileno) LC 50 (Daphnia magna, 48 h): 28,2 mg/l

**Toxicidad crónica - Pez**

propeno (propileno) NOEC (Varios (agua dulce)., 30 Días): 51,7 mg/l

**Toxicidad crónica - Invertebrados Acuáticos**

propeno (propileno) LC50 (Daphnia magna, 16 d): 3,1 mg/l

**Toxicidad para plantas acuáticas**

propeno (propileno) EC 50 (Plantas acuáticas, 96 h): 12,1 mg/l

NOEC (Plantas acuáticas, 96 h): 4,5 mg/l

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Propileno (propeno)

Fecha de Emisión:	16.01.2013	Versión:	1.1	No. FDS:	000010021744
Fecha de revisión:	27.08.2015				12/16

## 12.2 Persistencia y Degradabilidad

**Producto** No aplicable para gases y mezclas de gases.

## 12.3 Potencial de Bioacumulación

**Producto** Se supone que el producto es biodegradable y no se supone que persista en el ambiente acuático durante períodos prolongados.

## 12.4 Movilidad en el Suelo

**Producto** Debido a su alta volatilidad, el producto es poco probable que cause contaminación del suelo o del agua.

propeno (propileno) Henry, Ley de la Constante de: 1.099 MPa (25 °C)

## 12.5 Resultados de la valoración

PBT y mPmB

**Producto** No clasificada como PBT o vPBT.

12.6 Otros Efectos Adversos: Sin daños ecológicos causados por este producto.

**SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación**

## 13.1 Métodos para el tratamiento de residuos

**Información general:** No descargar dentro de ningún lugar donde su acumulación pudiera ser peligrosa. Consultar con el suministrador para recomendaciones específicas. No descargar en áreas donde hay riesgo de que se forme una mezcla explosiva con el aire. El gas residual debe ser quemado a través de un quemador adecuado que disponga de antiretroceso de llama.

**Métodos de eliminación:** Consulte el código de buenas prácticas de EIGA (Doc.30 "La eliminación de gases", descargable en <http://www.eiga.org>) para obtener más orientación sobre los métodos apropiados para la eliminación. Eliminación de la botella sólo a través del proveedor. Las actividades de descarga, tratamiento o eliminación pueden estar sujetas a leyes nacionales, estatales o locales

Códigos del Catálogo Europeo de Residuos

**Contenedor:** 16 05 04\*: Gases en recipientes a presión (incluidos los alones) que contienen sustancias peligrosas.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Propileno (propeno)

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 27.08.2015

Versión: 1.1

No. FDS: 000010021744  
13/16

**SECCIÓN 14: Información relativa al transporte****ADR**

- 14.1 Número ONU: UN 1077  
14.2 Designación Oficial de Transporte de las Naciones Unidas: PROPILENO  
14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte  
Clase: 2  
Etiqueta(s): 2.1  
No. de riesgo (ADR): 23  
Código de restricciones en túneles: (B/D)  
14.4 Grupo de Embalaje: -  
14.5 Peligros para el medio ambiente: No aplicable  
14.6 Precauciones particulares para los usuarios: -

**RID**

- 14.1 Número ONU: UN 1077  
14.2 Designación Oficial de Transporte de las Naciones Unidas: PROPILENO  
14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte  
Clase: 2  
Etiqueta(s): 2.1  
14.4 Grupo de Embalaje: -  
14.5 Peligros para el medio ambiente: No aplicable  
14.6 Precauciones particulares para los usuarios: -

**IMDG**

- 14.1 Número ONU: UN 1077  
14.2 Designación Oficial de Transporte de las Naciones Unidas: PROPYLENE  
14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte  
Clase: 2.1  
Etiqueta(s): 2.1  
EmS No.: F-D, S-U  
14.3 Grupo de Embalaje: -  
14.5 Peligros para el medio ambiente: No aplicable  
14.6 Precauciones particulares para los usuarios: -

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Propileno (propeno)

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 27.08.2015

Versión: 1.1

No. FDS: 000010021744  
 14/16

## IATA

14.1 Número ONU:	UN 1077
14.2 Designación oficial de transporte:	Propylene
14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte:	
Clase:	2.1
Etiqueta(s):	2.1
14.4 Grupo de Embalaje:	-
14.5 Peligros para el medio ambiente:	No aplicable
14.6 Precauciones particulares para los usuarios:	-
OTRA INFORMACIÓN	
Transporte aéreo de pasajeros y mercancías:	Prohibido.
únicamente avión de carga:	Permitido.

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC: No aplicable

**Identificación adicional:** Evitar el transporte en los vehículos donde el espacio de la carga no esté separado del compartimiento del conductor. Asegurar que el conductor está enterado de los riesgos potenciales de la carga y que conoce que hacer en caso de un accidente o emergencia. Asegurar el recipiente de gas antes del transporte. Asegurarse que las válvulas de las botellas están cerradas y no fugan. Las protecciones de las válvulas deben estar en su lugar. Asegurar la adecuada ventilación de aire.

## SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específica para la sustancia o la mezcla:

## Legislación de la UE

Reglamento (CE) No. 1907/2006, Anexo XVII, Sustancias sujetas a restricciones aplicables a la comercialización y uso:

Determinación química	No. CAS	Concentración
propeno (propileno)	115-07-1	

Directiva 96/82/CE (Seveso II) relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas:

Determinación química	No. CAS	Concentración
propeno (propileno)	115-07-1	100%

Directiva 98/24/CE relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo:

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Propileno (propeno)

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 27.08.2015

Versión: 1.1

No. FDS: 000010021744  
 15/16

Determinación química	No. CAS	Concentración
propeno (propileno)	115-07-1	100%

## Reglamentaciones nacionales

Directiva 89/391/CEE sobre la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo. Directiva 89/686/CEE sobre equipos de protección personal. Directiva 94/9/CE sobre equipos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas (ATEX). Sólo los productos que cumplen con los reglamentos alimentarios (CE) N° 1333/2008 y (UE) N° 231/2012 y que están etiquetados como tales pueden ser utilizados como aditivos alimentarios.

Esta Ficha de Datos de Seguridad ha sido elaborada en cumplimiento del reglamento UE 453/2010.

## 15.2 Evaluación de la seguridad química:

No se ha realizado ninguna evaluación de la seguridad química.

## SECCIÓN 16: Otra información

Información sobre revisión: No pertinente.

## Principales referencias bibliográficas y las fuentes de datos:

Se han utilizado diversas fuentes de datos en la elaboración de esta FDS. Esto incluye, no de forma exclusiva, lo siguiente:

Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (ATSDR) - Agencia para las sustancias tóxicas y registro de enfermedades (<http://www.atsdr.cdc.gov/>).

Agencia Europea de Productos Químicos: Guía para la elaboración de fichas de datos de seguridad.

Agencia Europea de Productos Químicos: Información sobre sustancias <http://apps.echa.europa.eu/registered/registered-sub.aspx#search>

European Industrial Gases Association (EIGA) Doc. 169 Guía para la clasificación y etiquetado.

Programa Internacional sobre Seguridad Química (<http://www.inchem.org/>)

ISO 10156:2010 Gases y mezclas de gases - Determinación del potencial de inflamabilidad y de oxidación para la selección de válvulas de botellas.

Matheson Gas Data Book, 7ª edición.

National Institute for Standards and Technology (NIST) Standard Reference Database Number 69.

The ESIS (European chemical Substances 5 Information System) platform of the former European Chemicals Bureau (ECB) ESIS (<http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/>).

The European Chemical Industry Council (CEFIC) ERICards.

United States of America's National Library of Medicine's toxicology data network TOXNET (<http://toxnet.nlm.nih.gov/index.html>).

Los valores umbral límite (TLV) de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH).

Información específica de la sustancia por parte de los proveedores.

Los detalles dados son ciertos y correctos en el momento de publicarse este documento.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Propileno (propeno)

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 1.1

No. FDS: 000010021744

Fecha de revisión: 27.08.2015

16/16

**Enunciado de las frases R y H en los apartados 2 y 3**

H220	Gas extremadamente inflamable.
H280	Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.
R12	Extremadamente inflamable.

**Información sobre formación:** Los usuarios de los aparatos de respiración deben ser entrenados. Asegurarse que los operarios conocen el riesgo de inflamabilidad.

**Clasificación de acuerdo con el reglamento (CE) No. 1272/2008 con sus modificaciones ulteriores.**

Flam. Gas 1, H220

Press. Gas Liq. Gas, H280

**OTRA INFORMACIÓN:**

Antes de utilizar el producto en un nuevo proceso o experimento, debe llevarse a cabo un estudio completo de seguridad y de compatibilidad de los materiales. Asegurar la adecuada ventilación de aire. Asegúrese que se cumplen las normativas nacionales y locales. Asegúrese que el equipo esté adecuadamente conectado a tierra. A pesar de que durante la preparación de este documento se ha tomado especial cuidado, no se acepta ninguna responsabilidad por las lesiones o los daños.

**Fecha de revisión:** 27.08.2015

**Exención de responsabilidad:** Se proporciona esta información sin ninguna garantía. Se cree que la información es correcta. Esta información debe usarse para hacer una determinación independiente de los métodos para proteger a los trabajadores y el medio ambiente.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Amoníaco anhidro

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 26.08.2015

Versión: 1.0

No. FDS: 000010021772  
1/19

**SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa**

## 1.1 Identificador del producto

**Nombre del producto:** Amoníaco anhidro

**Nombre comercial:** Amoníaco, Amoníaco TT, Amoníaco 3.8, Amoníaco 5.0, Amoniaco 4.5, Amoníaco 6.0

**Identificación adicional**

**Determinación química:** amoniaco, anhidro

**Fórmula química:** H3N

**Número de identificación - UE:** 007-001-00-5

**No. CAS:** 7664-41-7

**N.º CE:** 231-635-3

**No. de registro REACH:** 01-2119488876-14

## 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

**Uso identificado:** Industriales y profesionales. Realizar la evaluación de riesgos antes de su uso. Proceso de fundición. Producción y aplicación de sustancias explosivas. Congelación, refrigeración y envasado de productos alimentarios. Fabricación de fertilizantes y ácido nítrico. Producción de plásticos. Refrigerante. Uso para fabricación de componentes electrónicos. Uso del gas para fabricación de productos farmacéuticos. Uso del gas solo o en mezclas para la calibración de equipos de análisis. Uso del gas como materia prima en procesos químicos. Uso del gas para tratamiento de metales. Lavado de textiles y piezas de metal. Tratamiento del agua. Uso en laboratorios

**Usos no recomendados:** Consumo particular.

## 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

**Proveedor**  
Abelló Linde, S. A. **teléfono:** +34 93 4 76 74 00  
Calle Bailén 105  
E-08009 Barcelona

**Correo electrónico:** customerservice@es.linde-gas.com

## 1.4 Teléfono de emergencia: +34 93 4 76 74 00

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Amoníaco anhidro

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 26.08.2015

Versión: 1.0

No. FDS: 000010021772  
 2/19

## SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

## 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación con arreglo a la directiva 67/548/CEE o la directiva 1999/45/CE con sus modificaciones posteriores.

R10 T; R23 C; R34 N; R50

El texto completo de todas las frases R figura en la sección 16.

Clasificación de acuerdo con el reglamento (CE) No. 1272/2008 con sus modificaciones posteriores.

**Peligros Físicos**

Gas inflamable	Categoría 2	H221: Gas inflamable.
Gases a presión	Gas líquido	H280: Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.

**Peligros para la Salud**

Toxicidad aguda (Inhalación - gas)	Categoría 3	H331: Tóxico en caso de inhalación.
Corrosión cutáneas	Categoría 1B	H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
Lesiones oculares graves	Categoría 1	H318: Provoca lesiones oculares graves.

**Peligros para el Medio Ambiente**

Peligros agudos para el medio ambiente acuático	Categoría 1	H400: Muy tóxico para los organismos acuáticos.
Peligros crónicos para el medio ambiente acuático	Categoría 2	H411: Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

## 2.2 Elementos de la Etiqueta

Contiene: amoniaco, anhidro



Palabras de Advertencia: Peligro

Indicación(es) de peligro: H221: Gas inflamable.  
 H280: Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.  
 H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.  
 H331: Tóxico en caso de inhalación.  
 H410: Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Amoníaco anhidro

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 1.0

No. FDS: 000010021772

Fecha de revisión: 26.08.2015

3/19

**Consejos de Prudencia****Prevención:**

P210: Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.

P260: No respirar el gas / los vapores.

P273: Evitar su liberación al medio ambiente.

P280: Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

**Respuesta:**

P303+P361+P353+P315: EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo):

Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua/ducharse. Consultar a un médico inmediatamente.

P304+P340+P315: EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. Consultar a un médico inmediatamente.

P305+P351+P338+P315: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando. Consultar a un médico inmediatamente.

P377: Fuga de gas en llamas: No apagar, salvo si la fuga puede detenerse sin peligro.

P381: Eliminar todas las fuentes de ignición si no hay peligro en hacerlo.

**Almacenamiento:**

P403: Almacenar en un lugar bien ventilado.

P405: Guardar bajo llave.

**Eliminación:**

Ninguno.

**Información suplementaria en la etiqueta**

EUH071: Corrosivo para las vías respiratorias.

**2.3 Otros peligros:**

El contacto con un líquido que está evaporándose puede causar quemaduras por frío o congelación de la piel.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Amoníaco anhidro

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 26.08.2015

Versión: 1.0

No. FDS: 000010021772  
4/19

**SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes****3.1 Sustancias**

Determinación química: amoniaco, anhidro  
Número de identificación - UE: 007-001-00-5  
No. CAS: 7664-41-7  
N.º CE: 231-635-3  
No. de registro REACH: 01-2119488876-14  
Pureza: 100%

La pureza de la sustancia indicada en esta sección se utiliza únicamente con fines de clasificación y no representa la pureza real de la sustancia tal como se suministra, para conocer la cual debe consultarse otra documentación.

Nombre comercial: Amoníaco, Amoníaco TT, Amoníaco 3.8, Amoníaco 5.0, Amoniaco 4.5, Amoníaco 6.0

**SECCIÓN 4: Primeros auxilios**

**General:** Retirar a la víctima a un área no contaminada llevando colocado el equipo de respiración autónoma. Mantener a la víctima caliente y en reposo. Llamar al doctor. Aplicar la respiración artificial si se para la respiración.

**4.1 Descripción de los primeros auxilios**

**Inhalación:** Retirar a la víctima a un área no contaminada llevando colocado el equipo de respiración autónoma. Mantener a la víctima caliente y en reposo. Llamar al doctor. Aplicar la respiración artificial si se para la respiración.

**Contacto con los ojos:** Enjuagar el ojo con agua inmediatamente. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando. Lavar abundantemente con agua al menos durante 15 minutos. Recibir asistencia médica de inmediato. Si la asistencia médica no está disponible de inmediato, lavar con abundante agua durante 15 minutos más.

**Contacto con la Piel:** Enjuague inmediatamente la piel con abundante agua durante por lo menos 15 minutos y quite la ropa y los zapatos contaminados. Conseguir atención médica inmediatamente. El contacto con un líquido que está evaporándose puede causar quemaduras por frío o congelación de la piel.

**Ingestión:** La ingestión no está considerada como una vía potencial de exposición.

**4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados:** Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves. El contacto con gas licuado puede causar lesiones (deterioro por congelación) debido a un enfriamiento rápido por evaporación. Puede ser letal por ingestión.

**4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente**

**Riesgos:** Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves. El contacto con gas licuado puede causar lesiones (deterioro por congelación) debido a un enfriamiento rápido por evaporación. Puede ser letal por ingestión.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Amoníaco anhidro

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 1.0

No. FDS: 000010021772

Fecha de revisión: 26.08.2015

5/19

**Tratamiento:** Descongelar las partes heladas con agua tibia. No frotar la zona afectada. Consultar a un médico inmediatamente. Tratar con un spray de corticoides tan pronto como sea posible después de la inhalación.

**SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios**

**Riesgos Generales de Incendio:** El calor puede ocasionar explosión de los recipientes.

**5.1 Medios de extinción**

**Medios de extinción apropiados:** Use agua pulverizada para reducir los vapores o desviar el desplazamiento de la nube de vapor. Agua pulverizada o niebla. Polvo seco. Espuma.

**Medios de extinción no apropiados:** Dióxido de carbono. No usar en una corriente de agua, ya que puede provocar salpicaduras de líquido corrosivo.

**5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla:**

En caso de incendio o calor excesivo se pueden generar productos de descomposición peligrosos. En caso de incendio o calor excesivo se pueden generar productos de descomposición peligrosos.

**Productos de combustión peligrosos:**

Si está involucrado en un fuego, pueden producirse los siguientes humos corrosivos y/o tóxicos por descomposición térmica: monóxido de nitrógeno ; dióxido de nitrógeno

**5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios****Medidas especiales de lucha contra incendios:**

En caso de incendio: Detener la fuga, si no hay peligro en hacerlo. El uso de agua puede generar la formación de soluciones acuosas muy tóxicas. Mantener el exceso de agua fuera de estanques y alcantarillados. Colocar diques para controlar el agua. Continuar vertiendo agua pulverizada desde un lugar protegido hasta que los contenedores permanezcan fríos. Use los extintores para contener el fuego. Aislar la fuente del fuego o dejar que se queme.

**Equipos de protección especial que debe llevar el personal de lucha contra incendios:**

Ropa de protección hermética al gas (tipo 1) en combinación con un aparato de respiración autónoma.  
Guía: EN 943-2 Ropa de protección contra productos químicos líquidos y gaseosos, aerosoles y partículas sólidas. Requisitos para los trajes de protección química para gases (Tipo 1) para los equipos de emergencia.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Amoníaco anhidro

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 1.0

No. FDS: 000010021772

Fecha de revisión: 26.08.2015

6/19

**SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental**

- 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia:** Evacuar la zona. Procure una ventilación adecuada. Considere el riesgo de atmósfera potencialmente explosiva. Eliminar todas las fuentes de ignición si no hay peligro en hacerlo. Monitorizar la concentración del producto liberado. Prevenir la entrada en alcantarillas, sótanos, fosos de trabajo o cualquier lugar donde su acumulación pueda ser peligrosa. Utilizar equipos de respiración autónoma cuando entren en el área a menos que esté probado que la atmósfera es segura. EN 137 Equipos de protección respiratoria - Dispositivos autónomos de circuito abierto de aire comprimido para aparato de respiración con máscara completa - requisitos, ensayos, marcado.
- 6.2 Precauciones Relativas al Medio Ambiente:** Impedir nuevos escapes o derrames de forma segura. Reducir el vapor con agua en niebla o pulverizada. Mantener el exceso de agua fuera de estanques y alcantarillados. Colocar diques para controlar el agua.
- 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza:** Procure una ventilación adecuada. Elimine las fuentes de ignición. Lavar los lugares y el equipo contaminado con abundantes cantidades de agua.
- 6.4 Referencia a otras secciones:** Ver también secciones 8 y 13.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Amoníaco anhidro

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 26.08.2015

Versión: 1.0

No. FDS: 000010021772  
7/19

**SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento:****7.1 Precauciones para una manipulación segura:**

Los gases a presión únicamente deben ser manipulados por personas con experiencia y adecuadamente formadas. Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso. Utilizar sólo equipo específicamente apropiado para este producto y para su presión y temperatura de suministro. Purgue el sistema con un gas inerte seco (por ejemplo helio o nitrógeno) antes de introducir el producto y cuando el sistema esté puesto fuera de servicio. Purgar el aire del sistema antes de introducir el gas. Los recipientes que contienen o han contenido sustancias inflamables o explosivos no deben ser inertizados con dióxido de carbono líquido. Evaluar el riesgo de atmósferas potencialmente explosivas y la necesidad de disponer de equipos a prueba de explosiones. Evítese la acumulación de cargas electroestáticas. Mantener lejos de fuentes de ignición, incluyendo descarga estática. Los aparatos y el equipo eléctrico usados en ambientes explosivos tienen que estar conectados a tierra. Utilizar únicamente herramientas que no produzcan chispas. Se recomienda instalar una salida de purga entre el recipiente y el regulador. El exceso de presión debe ventearse por medio de un sistema adecuado de depuración. Consulte al proveedor sobre instrucciones de uso y manipulación. La sustancia debe ser manipulada de acuerdo a procedimientos de correcta higiene industrial y seguridad. Asegurarse que el sistema ha sido (o es regularmente) comprobado antes de su uso para detectar que no haya fugas. Proteja los recipientes de daños físicos; no arrastrar, deslizar, rodar o tirar. No quite las etiquetas suministradas por el proveedor como identificación del contenido del recipiente. Cuando mueva los recipientes, incluso en distancias cortas, use un carro diseñado para el transporte de este tipo de recipientes. Asegurarse que los recipientes estén siempre en posición vertical y cerrar las válvulas cuando no se estén usando. Procure una ventilación adecuada. Debe prevenirse la filtración de agua al interior del recipiente. No permitir el retroceso hacia el interior del recipiente. Evitar la succión de agua, ácido y alcalino. Mantener el contenedor por debajo de 50°C, en un lugar bien ventilado. Cumpla con todos los reglamentos y requisitos legales locales sobre el almacenamiento de los recipientes. No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización. Almacenar conforme a las normativas locales/regionales/nacionales/internacionales. Nunca use una llama directa o equipos eléctricos para aumentar la presión del recipiente. No retire las protecciones de las válvulas y en caso de necesidad nunca antes que el recipiente esté situado en su ubicación definitiva y asegurado en una pared o banco de trabajo adecuado. Recipientes con válvulas dañadas deben ser devueltos inmediatamente al proveedor. Cierre la válvula del recipiente después de su uso, incluso cuando esté vacío o esté conectado a un equipo. Nunca debe intentar reparar o modificar las válvulas o equipos de seguridad de los recipientes. Vuelva a colocar todas las protecciones de las válvulas tan pronto como el recipiente haya sido desconectado de su equipo. Mantenga todas las válvulas limpias y libres de aceites, petróleos o agua. Si el usuario tiene alguna dificultad en operar la válvula del recipiente, paralizar su uso y contactar con el proveedor. Nunca intente traspasar gases de un recipiente a otro. Las protecciones de las válvulas deben estar en su lugar.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Amoníaco anhidro

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 26.08.2015

Versión: 1.0

No. FDS: 000010021772  
 8/19

**7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades:**

Todos los equipos eléctricos en las áreas de almacenamiento debe ser compatibles con el riesgo de atmósfera potencialmente explosiva. Separar de gases oxidantes y de otros materiales oxidantes durante el almacenamiento. Los envases no deben ser almacenados en condiciones que puedan favorecer la corrosión del recipiente. Los recipientes deben ser revisados periódicamente para garantizar unas correctas condiciones de uso y la inexistencia de fugas. Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos. Las protecciones de las válvulas deben estar en su lugar. Almacene los recipientes en lugares libres de riesgo de incendio y lejos de fuentes de calor e ignición. Manténgase lejos de materias combustibles.

**7.3 Usos específicos finales:** Ninguno.

**SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual**

**8.1 Parámetros de Control**

**Valores Límite de Exposición Profesional**

Determinación química	tipo	Valores Límite de Exposición	Fuente
amoniaco, anhidro	TWA	20 ppm 14 mg/m <sup>3</sup>	UE. Valores límite de exposición indicativos recogidos en las Directivas 91/322/CEE, 2000/39/CE, 2006/15/CE, 2009/161/UE (12 2009)
	STEL	50 ppm 36 mg/m <sup>3</sup>	UE. Valores límite de exposición indicativos recogidos en las Directivas 91/322/CEE, 2000/39/CE, 2006/15/CE, 2009/161/UE (12 2009)
	VLA-EC	50 ppm 36 mg/m <sup>3</sup>	España. Límites de Exposición Ocupacional (2011)
	VLA-ED	20 ppm 14 mg/m <sup>3</sup>	España. Límites de Exposición Ocupacional (2011)

**Valores DNEL**

Componente crítico	tipo	Valor	Observaciones
amoniaco, anhidro	Trabajador - dérmica, corto plazo - sistémico	6,8 mg/kg pc/día	-
	Trabajador - por inhalación, corto plazo - local	36 mg/m <sup>3</sup>	-
	Trabajador - por inhalación, largo plazo - local	14 mg/m <sup>3</sup>	-
	Trabajador - por inhalación, largo plazo - sistémico	47,6 mg/m <sup>3</sup>	-
	Trabajador - por inhalación, corto plazo - sistémico	47,6 mg/m <sup>3</sup>	-
	Trabajador - dérmica, largo plazo - sistémico	6,8 mg/kg pc/día	-

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Amoníaco anhidro

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 1.0

No. FDS: 000010021772

Fecha de revisión: 26.08.2015

9/19

## Valores PNEC

Componente crítico	tipo	Valor	Observaciones
amoniaco, anhidro	Acuático (liberaciones intermitentes)	0,0068 mg/l	-
	Acuático (agua marina)	0,0011 mg/l	-
	Acuático (agua dulce)	0,0011 mg/l	-

## 8.2 Controles de la exposición

**Controles técnicos apropiados:** Utilizar sistema de permisos de trabajo (por ejemplo para actividades de mantenimiento). Asegurar la adecuada ventilación de aire. Proveer ventilación adecuada de escape general y local. Mantener las concentraciones muy por debajo de los límites de exposición. Deben utilizarse detectores de gas cuando puedan ser liberados gases tóxicos. Deben utilizarse detectores de gases cuando pueden ser liberados gases inflamables. Los sistemas bajo presión deben ser regularmente revisados para detectar fugas. El producto debe ser utilizado en sistemas cerrados y bajo condiciones estrictamente controladas. Usar únicamente instalaciones permanentemente libres de fugas (por ejemplo tuberías soldadas). Evítase la acumulación de cargas electroestáticas. Prohibido comer, beber y fumar durante la utilización del producto.

## Medidas de protección individual, tales como equipos de protección personal

**Información general:** Debe realizarse y documentarse la evaluación del riesgo en cada área de trabajo para evaluar los riesgos relacionados con el uso del producto y para seleccionar los equipos de protección individual correspondientes al riesgo. Se deben seguir las siguientes recomendaciones. Disponer de aparato de respiración autónomo para uso en caso de emergencia. Los equipos de protección individual para el cuerpo se deben seleccionar en base a las tareas a ejecutar y a los riesgos involucrados. Protéjase los ojos, cara y piel del contacto con el producto. Consulte la normativa local para la restricción de las emisiones a la atmósfera. Vea la sección 13 para los métodos específicos para el tratamiento de gases residuales.

**Protección de los ojos/la cara:** Se deben usar gafas de seguridad, guantes de seguridad y pantalla de protección facial para evitar el riesgo de exposición por salpicadura de líquido. Use protección ocular, según la norma EN 166, cuando se utilicen gases.  
Guía: EN 166: Gafas de protección.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Amoníaco anhidro

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 26.08.2015

Versión: 1.0

No. FDS: 000010021772  
10/19

**Protección cutánea****Protección de las Manos:**

Use guantes de protección cuando manipule los recipientes.  
Guía: EN 388 Guantes de protección contra riesgos mecánicos.  
Se deben usar guantes con resistencia química de acuerdo a la norma EN 374 siempre que se manipulen productos químicos, si la evaluación de riesgos así lo indica necesario.  
Material: Goma de cloropreno.  
Tiempo de perforación: 30 min  
Espesor del guante: 0,5 mm  
Guía: EN 374-1/2/3 Guantes de protección contra productos químicos y microorganismos.  
Se deben usar guantes con resistencia química de acuerdo a la norma EN 374 siempre que se manipulen productos químicos, si la evaluación de riesgos así lo indica necesario.  
Material: Goma de butilo.  
Tiempo de perforación: 480 min  
Espesor del guante: 0,7 mm  
Guía: EN 374-1/2/3 Guantes de protección contra productos químicos y microorganismos.

**Protección corporal:**

Llevar prendas ignífugas/resistentes al fuego/resistentes a las llamas. Disponer de traje antiácido resistente al producto para usar en caso de emergencia.  
Guía: ISO / TR 2801:2007 Ropa de protección contra el calor y el fuego - Recomendaciones generales para la selección, cuidado y uso de ropa protectora. Guía: EN 943: Ropa de protección contra productos químicos líquidos y gaseosos, incluyendo aerosoles líquidos y partículas sólidas.

**Otros:**

Use zapatos de seguridad cuando manipule los recipientes.  
Guía: EN ISO 20345 Equipo de protección individual - Calzado de seguridad.

**Protección respiratoria:**

Se debe hacer referencia a la norma europea EN 689 para métodos para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos, y la guía nacional de documentos para métodos para la determinación de sustancias peligrosas. En caso de que la evaluación de riesgos indique que es necesario, utilice un respirador bien ajustado, con suministro de aire o con purificador de aire, que cumpla con las normas aprobadas. La selección del respirador se debe basar en los niveles de exposición.  
Material: Filtro K  
Guía: EN 14387: Equipos de protección respiratoria. Filtros para gas (es) y filtros combinado (s). Requisitos, ensayos, marcado.  
Guía: EN 136: Equipos de protección respiratoria. Máscaras faciales completas. Requisitos, ensayos, marcado.

**Peligros térmicos:**

No hay medidas preventivas necesarias.

**Medidas de higiene:**

Pedir instrucciones especiales antes del uso. No son necesarias medidas de evaluación de riesgos más allá de la correcta manipulación de acuerdo a la higiene industrial y a los procedimientos de seguridad. Prohibido comer, beber y fumar durante la utilización del producto.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Amoníaco anhidro

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 26.08.2015

Versión: 1.0

No. FDS: 000010021772  
 11/19

Controles de exposición  
 medioambiental:

Para información sobre la eliminación, véase la sección 13.

## SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

## 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

## Aspecto

Forma/estado:	Gas
Forma/Figura:	Gas líquido
Color:	Incoloro
Olor:	amoniacal
Olor, umbral:	La superación de los límites por el olor es subjetiva e inadecuada para advertir del riesgo de sobreexposición.
pH:	En caso de disolución en agua se verá afectado el valor de PH.
Punto de fusión:	-77,7 °C
Punto ebullición:	-33,35 °C
Punto de sublimación:	No aplicable.
Temperatura crítica (°C):	132,0 °C 132,0 °C
Punto de inflamación:	No aplicable para gases y mezclas de gases
Velocidad de evaporación:	No aplicable para gases y mezclas de gases
Inflamabilidad (sólido, gas):	Gas inflamable
Límite de inflamabilidad - superior (%):	33,6 %(v)
Límite de inflamabilidad - inferior (%):	15,4 %(v)
Presión de vapor:	857,1 kPa (20 °C)
Densidad de vapor (aire=1):	0,59 AIRE = 1
Densidad relativa:	0,8
Solubilidad(es)	
Solubilidad en agua:	531 g/l (20 °C)
Coeficiente de reparto (n-octanol/agua):	< 1
Temperatura de autoignición:	630 °C
descomposición, temperatura de:	> 450 °C
Viscosidad	
Viscosidad cinemática:	No hay datos disponibles.
Viscosidad dinámica:	0,255 mPa.s (-33,5 °C)
Propiedades explosivas:	No corresponde.
Propiedades comburentes:	No aplicable.

## 9.2 OTRA INFORMACIÓN:

Ninguno.

Peso molecular: 17,03 g/mol (H3N)

Energía mínima de ignición: 680 mJ

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Amoníaco anhidro

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 26.08.2015

Versión: 1.0

No. FDS: 000010021772  
 12/19

## SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

- 10.1 Reactividad:** No existen peligros de reacción distintos de los descritos en otras secciones.
- 10.2 Estabilidad Química:** Estable en condiciones normales.
- 10.3 Posibilidad de Reacciones Peligrosas:** Puede formar atmósferas potencialmente explosivas en aire. Puede reaccionar violentamente con materias oxidantes.
- 10.4 Condiciones que Deben Evitarse:** Evite la humedad en las instalaciones. Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar.
- 10.5 Materiales Incompatibles:** Aire y oxidantes. Humedad. Por la compatibilidad de los materiales, consultar la última versión de la norma ISO-11114. Reacciona con agua para formar alcalinos corrosivos. Puede reaccionar violentamente con ácidos.
- 10.6 Productos de Descomposición Peligrosos:** Bajo condiciones normales de uso y almacenamiento, no debe producirse descomposición en productos peligrosos. Si está involucrado en un fuego, pueden producirse los siguientes humos corrosivos y/o tóxicos por descomposición térmica: Pueden producirse los siguiente productos de descomposición: monóxido de nitrógeno ; dióxido de nitrógeno

## SECCIÓN 11: Información toxicológica

**Información general:** La inhalación de grandes cantidades produce broncoespasmos, endemas en la laringe y formación de pseudomembranas.

## 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

**Toxicidad aguda - Ingestión Producto** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

amoniaco, anhidro LD 50 (Rata): 350 mg/kg

**Toxicidad aguda - Contacto dermal Producto** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Toxicidad aguda - Inhalación Producto** **Tóxico por inhalación.**  
**Tóxico en caso de inhalación.**

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Amoníaco anhidro

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 26.08.2015

Versión: 1.0

No. FDS: 000010021772  
 13/19

amoniaco, anhidro LC 50 (Rata, 1 h): 4000 ppm

**Toxicidad por dosis repetidas**

amoniaco, anhidro LOAEL (Nivel con mínimo efecto adverso observado) (Rata, inhalación, 35 - 75 d):  
 175 mg/m<sup>3</sup>

**Corrosión/Irritación Cutáneas**

Producto Provoca quemaduras graves.

**Lesiones Oculares Graves/Irritación Ocular**

Producto Provoca lesiones oculares graves.

**Sensibilización de la Piel o Respiratoria**

Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Mutagenicidad en Células Germinales**

Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Carcinogenicidad**

Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Toxicidad para la reproducción**

Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Toxicidad Sistémica Específica de Órganos Diana- Exposición Única**

Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Toxicidad Sistémica Específica de Órganos Diana- Exposiciones Repetidas**

Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Peligro por Aspiración**

Producto No aplicable para gases y mezclas de gases.

**SECCIÓN 12: Información ecológica**

**Información general:** Evitar su liberación al medio ambiente. No se permite la descarga del producto en aguas subterráneas o al medio ambiente acuático.

**12.1 Toxicidad****Toxicidad aguda**

Producto Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

**Toxicidad aguda - Pez**

amoniaco, anhidro LC 50 (Pez, 96 h): 0,89 mg/l

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Amoniaco anhidro

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 1.0

No. FDS: 000010021772

Fecha de revisión: 26.08.2015

14/19

**Toxicidad aguda - Invertebrados Acuáticos**

amoniaco, anhidro LC 50 (Water flea (Daphnia), 48 h): 101 mg/l

**Toxicidad para los microorganismos**

amoniaco, anhidro Dependiendo de las condiciones locales y las concentraciones existentes, son posibles alteraciones en el proceso de biodegradación.

**Toxicidad para los organismos terrestres**

amoniaco, anhidro No es necesario estudio debido a las consideraciones de exposición.

**Toxicidad crónica - Pez**

amoniaco, anhidro LOEC (Pez, 73 Días): 0,022 mg/l

**Toxicidad crónica - Invertebrados Acuáticos**

amoniaco, anhidro NOEC (Pulga de Agua, 96 hora): 0,79 mg/l

**Toxicidad para plantas acuáticas**

amoniaco, anhidro LC 50 (Algae, algal mat (Algae), 18 Días): 2.700 mg/l

**12.2 Persistencia y Degradabilidad****Producto** No aplicable para gases y mezclas de gases.**Biodegradable**

Inorgánico El producto no es fácilmente biodegradable.

**12.3 Potencial de Bioacumulación****Producto** La sustancia no tiene potencial de bioacumulación.**12.4 Movilidad en el Suelo****Producto** La sustancia tiene baja movilidad en el suelo.

amoniaco, anhidro

Henry, Ley de la Constante de: 0,09028 MPa (25 °C)

**12.5 Resultados de la valoración****PBT y mPmB****Producto** No clasificada como PBT o vPBT.**12.6 Otros Efectos Adversos:**

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Amoníaco anhidro

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 26.08.2015

Versión: 1.0

No. FDS: 000010021772  
15/19

**Potencial de bioacumulación**

Puede causar cambios de pH en los sistemas ecológicos acuáticos. Dependiendo de las condiciones locales y las concentraciones existentes, son posibles alteraciones en el proceso de biodegradación.

**SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación****13.1 Métodos para el tratamiento de residuos**

**Información general:** No se debe descargar a la atmósfera. Consultar con el suministrador para recomendaciones específicas.

**Métodos de eliminación:** Consulte el código de buenas prácticas de EIGA (Doc.30 "La eliminación de gases", descargable en <http://www.eiga.org>) para obtener más orientación sobre los métodos apropiados para la eliminación. Eliminación de la botella sólo a través del proveedor. Las actividades de descarga, tratamiento o eliminación pueden estar sujetas a leyes nacionales, estatales o locales. Los gases tóxicos y corrosivos formados durante la combustión deben ser lavados antes de ser descargados en la atmósfera. El gas puede ser lavado en agua. El gas debe ser lavado en una solución de ácido sulfúrico.

**Códigos del Catálogo Europeo de Residuos**

**Contenedor:** 16 05 04\*: Gases en recipientes a presión (incluidos los alones) que contienen sustancias peligrosas.

**SECCIÓN 14: Información relativa al transporte****ADR**

- 14.1 Número ONU: UN 1005  
14.2 Designación Oficial de Transporte de las Naciones Unidas: AMONIACO, ANHIDRO  
14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte  
Clase: 2  
Etiqueta(s): 2.3, 8  
No. de riesgo (ADR): 268  
Código de restricciones en túneles: (C/D)  
14.4 Grupo de Embalaje: -  
14.5 Peligros para el medio ambiente: Materias peligrosas para el medio ambiente  
14.6 Precauciones particulares para los usuarios: -

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Amoníaco anhidro

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 1.0

No. FDS: 000010021772

Fecha de revisión: 26.08.2015

16/19

## RID

- 14.1 Número ONU: UN 1005
- 14.2 Designación Oficial de Transporte de las Naciones Unidas: AMONIACO, ANHIDRO
- 14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte
- Clase: 2
- Etiqueta(s): 2.3, 8
- 14.4 Grupo de Embalaje: -
- 14.5 Peligros para el medio ambiente: Materias peligrosas para el medio ambiente
- 14.6 Precauciones particulares para los usuarios: -

## IMDG

- 14.1 Número ONU: UN 1005
- 14.2 Designación Oficial de Transporte de las Naciones Unidas: AMMONIA, ANHYDROUS
- 14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte
- Clase: 2.3
- Etiqueta(s): 2.3, 8
- EmS No.: F-C, S-U
- 14.3 Grupo de Embalaje: -
- 14.5 Peligros para el medio ambiente: No aplicable
- 14.6 Precauciones particulares para los usuarios: -

## IATA

- 14.1 Número ONU: UN 1005
- 14.2 Designación oficial de transporte: Ammonia, anhydrous
- 14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte:
- Clase: 2.3
- Etiqueta(s): -
- 14.4 Grupo de Embalaje: -
- 14.5 Peligros para el medio ambiente: Materias peligrosas para el medio ambiente
- 14.6 Precauciones particulares para los usuarios: -

## OTRA INFORMACIÓN

- Transporte aéreo de pasajeros y mercancías: Prohibido.
- únicamente avión de carga: Prohibido.

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC: No aplicable

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Amoníaco anhidro

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 26.08.2015

Versión: 1.0

No. FDS: 000010021772  
 17/19

**Identificación adicional:**

Evitar el transporte en los vehículos donde el espacio de la carga no esté separado del compartimiento del conductor. Asegurar que el conductor está enterado de los riesgos potenciales de la carga y que conoce que hacer en caso de un accidente o emergencia. Asegurar el recipiente de gas antes del transporte. Asegurarse que las válvulas de las botellas están cerradas y no fugan. Las protecciones de las válvulas deben estar en su lugar. Asegurar la adecuada ventilación de aire.

**SECCIÓN 15: Información reglamentaria****15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específica para la sustancia o la mezcla:****Legislación de la UE**

Directiva 96/61/CE relativa a la prevención y al control integrado de la contaminación (IPPC): Artículo 15, Inventario europeo de las principales emisiones y fuentes responsables (EPER):

Determinación química	No. CAS	Concentración
amoníaco, anhidro	7664-41-7	100%

Directiva 96/82/CE (Seveso II) relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas:

Determinación química	No. CAS	Concentración
amoníaco, anhidro	7664-41-7	100%

Directiva 98/24/CE relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo:

Determinación química	No. CAS	Concentración
amoníaco, anhidro	7664-41-7	100%

**Reglamentaciones nacionales**

Directiva 89/391/CEE sobre la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo. Directiva 89/686/CEE sobre equipos de protección personal. Directiva 94/9/CE sobre equipos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas (ATEX). Sólo los productos que cumplen con los reglamentos alimentarios (CE) N° 1333/2008 y (UE) N° 231/2012 y que están etiquetados como tales pueden ser utilizados como aditivos alimentarios.

Esta Ficha de Datos de Seguridad ha sido elaborada en cumplimiento del reglamento UE 453/2010.

**15.2 Evaluación de la seguridad**  
 SDS\_ES - 000010021772

Se ha realizado el CSA (Chemical Safety Assessment - Evaluación de la seguridad

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Amoníaco anhidro

Fecha de Emisión: 16.01.2013 Versión: 1.0 No. FDS: 000010021772  
 Fecha de revisión: 26.08.2015 18/19

química: química).

## SECCIÓN 16: Otra información

Información sobre revisión: No pertinente.

Principales referencias  
 bibliográficas y las fuentes de  
 datos:

Se han utilizado diversas fuentes de datos en la elaboración de esta FDS. Esto incluye, no de forma exclusiva, lo siguiente:  
 Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (ATSDR) - Agencia para las sustancias tóxicas y registro de enfermedades (<http://www.atsdr.cdc.gov/>).  
 Agencia Europea de Productos Químicos: Guía para la elaboración de fichas de datos de seguridad.  
 Agencia Europea de Productos Químicos: Información sobre sustancias <http://apps.echa.europa.eu/registered/registered-sub.aspx#search>  
 European Industrial Gases Association (EIGA) Doc.169 Guía para la clasificación y etiquetado.  
 Programa Internacional sobre Seguridad Química (<http://www.inchem.org/>)  
 ISO 10156:2010 Gases y mezclas de gases - Determinación del potencial de inflamabilidad y de oxidación para la selección de válvulas de botellas.  
 Matheson Gas Data Book, 7ª edición.  
 National Institute for Standards and Technology (NIST) Standard Reference Database Number 69.  
 The ESIS (European chemical Substances Information System) platform of the former European Chemicals Bureau (ECB) ESIS (<http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/>).  
 The European Chemical Industry Council (CEFIC) ERICards.  
 United States of America's National Library of Medicine's toxicology data network TOXNET (<http://toxnet.nlm.nih.gov/index.html>).  
 Los valores umbral límite (TLV) de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH).  
 Información específica de la sustancia por parte de los proveedores.  
 Los detalles dados son ciertos y correctos en el momento de publicarse este documento.

Enunciado de las frases R y H en los apartados 2 y 3

H221	Gas inflamable.
H280	Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.
H314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
H318	Provoca lesiones oculares graves.
H331	Tóxico en caso de inhalación.
H400	Muy tóxico para los organismos acuáticos.
H411	Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
R10	Inflamable.
R23	Tóxico por inhalación.
R34	Provoca quemaduras.
R50	Muy tóxico para los organismos acuáticos.

Información sobre formación: Los usuarios de los aparatos de respiración deben ser entrenados. Asegurarse que los operarios comprenden los riesgos de toxicidad.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Amoníaco anhidro

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 1.0

No. FDS: 000010021772

Fecha de revisión: 26.08.2015

19/19

Clasificación de acuerdo con el reglamento (CE) No. 1272/2008 con sus modificaciones ulteriores.

Flam. Gas 2, H221

Press. Gas Liq. Gas, H280

Acute Tox. 3, H331

Skin Corr. 1B, H314

Eye Dam. 1, H318

Aquatic Acute 1, H400

Aquatic Chronic 2, H411

**OTRA INFORMACIÓN:**

Antes de utilizar el producto en un nuevo proceso o experimento, debe llevarse a cabo un estudio completo de seguridad y de compatibilidad de los materiales. Asegurar la adecuada ventilación de aire. Asegúrese que se cumplen las normativas nacionales y locales. A pesar de que durante la preparación de este documento se ha tomado especial cuidado, no se acepta ninguna responsabilidad por las lesiones o los daños.

**Fecha de revisión:**

26.08.2015

**Exención de responsabilidad:**

Se proporciona esta información sin ninguna garantía. Se cree que la información es correcta. Esta información debe usarse para hacer una determinación independiente de los métodos para proteger a los trabajadores y el medio ambiente.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Oxígeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 15.06.2016

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021701  
1/13

**SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa****1.1 Identificador del producto**

Nombre del producto:	Oxígeno comprimido
Nombre comercial:	Biogon O E948, Conoxia, Laserline Oxígeno 3.5, Oxígeno, Oxígeno 3.5, Oxígeno 4.5, Oxígeno 5.0, Oxígeno 5.6, Oxígeno Medicinal, Oxígeno Oxigenoterapia
Identificación adicional	
Determinación química:	oxígeno
Fórmula química:	O <sub>2</sub>
Número de identificación - UE	008-001-00-8
No. CAS	7782-44-7
N.º CE	231-956-9
No. de registro REACH	Los enumerados en Anexo IV/V del Reglamento n.º 1907/2006/EC (REACH) están exentos de registro.

**1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados**

Uso identificado:	Industriales y profesionales. Realizar la evaluación de riesgos antes de su uso. Gas resto para mezclas. Gas de calibración. Gas portador. Síntesis química. Procesos de combustión, fusión y corte. Gas para envasado de alimentos. Uso en laboratorio. Gas para laser. Agente de oxidación. Gas de proceso. Gas de protección en la soldadura con gas. Gas Test. Uso del gas para fabricación de productos farmacéuticos. Consumo particular. Agente de oxidación.
Usos no recomendados	Los productos de calidad industrial o técnica no son adecuados para aplicaciones médicas y/o alimentarias ni para inhalación.

**1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad**

Proveedor	
Abelló Linde, S. A.	teléfono: +34 93 4 76 74 00
Calle Bailén 105	
E-08009 Barcelona	

Correo electrónico: [customerservice@es.linde-gas.com](mailto:customerservice@es.linde-gas.com)

**1.4 Teléfono de emergencia: +34 93 4 76 74 00**

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Oxígeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 15.06.2016

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021701  
 2/13

## SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

## 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación con arreglo a la directiva 67/548/CEE o la directiva 1999/45/CE con sus modificaciones posteriores.

O; R8

El texto completo de todas las frases R figura en la sección 16.

Clasificación de acuerdo con el reglamento (CE) No. 1272/2008 con sus modificaciones posteriores.

## Peligros Físicos

Gases comburentes	Categoría 1	H270: Puede provocar o agravar un incendio; comburente.
Gases a presión	Gas comprimido	H280: Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.

## 2.2 Elementos de la Etiqueta



Palabras de Advertencia: Peligro

Indicación(es) de peligro: H270: Puede provocar o agravar un incendio; comburente.  
 H280: Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.

## Consejos de Prudencia

Prevención:	P220: Mantener/Almacenar alejado de materiales combustibles. P244: Mantener las válvulas y accesorios libres de grasa y aceite.
Respuesta:	P370+P376: En caso de incendio: Detener la fuga, si no hay peligro en hacerlo.
Almacenamiento:	P403: Almacenar en un lugar bien ventilado.
Eliminación:	Ninguno.

2.3 Otros peligros: Ninguno.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Oxígeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 15.06.2016

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021701  
3/13

**SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes**

## 3.1 Sustancias

Determinación química	oxígeno
Número de identificación - UE:	008-001-00-8
No. CAS:	7782-44-7
N.º CE:	231-956-9
No. de registro REACH:	Los enumerados en Anexo IV/V del Reglamento n.º 1907/2006/EC (REACH) están exentos de registro.
Pureza:	100% La pureza de la sustancia indicada en esta sección se utiliza únicamente con fines de clasificación y no representa la pureza real de la sustancia tal como se suministra, para conocer la cual debe consultarse otra documentación.
Nombre comercial:	Biogon O E948, Conoxia, Laserline Oxígeno 3.5, Oxígeno, Oxígeno 3.5, Oxígeno 4.5, Oxígeno 5.0, Oxígeno 5.6, Oxígeno Medicinal, Oxígeno Oxigenoterapia

**SECCIÓN 4: Primeros auxilios**

General: Trasladar a la víctima al aire fresco inmediatamente.

## 4.1 Descripción de los primeros auxilios

Inhalación: Trasladar a la víctima al aire fresco inmediatamente.

Contacto con los ojos: No se esperan efectos adversos de este producto.

Contacto con la Piel: No se esperan efectos adversos de este producto.

Ingestión: La ingestión no está considerada como una vía potencial de exposición.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados: La inhalación continua de concentraciones superiores al 75% puede causar náuseas, vértigos, dificultades respiratorias y convulsiones.

## 4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

Riesgos: Ninguno.

Tratamiento: Ninguno.

**SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios**

Riesgos Generales de Incendio: El calor puede ocasionar explosión de los recipientes.

## 5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados: Agua. Polvo seco. Espuma. Dióxido de carbono.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Oxígeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021701

Fecha de revisión: 15.06.2016

4/13

Medios de extinción no apropiados: Ninguno.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla: Mantiene la combustión.

Productos de combustión peligrosos: Ninguno.

## 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Medidas especiales de lucha contra incendios: En caso de incendio: Detener la fuga, si no hay peligro en hacerlo. Continuar vertiendo agua pulverizada desde un lugar protegido hasta que los contenedores permanezcan fríos. Use los extintores para contener el fuego. Aislar la fuente del fuego o dejar que se quemé.

Equipos de protección especial que debe llevar el personal de lucha contra incendios: Los bomberos deben utilizar un equipo de protección estándar incluyendo chaqueta ignífuga, casco con careta, guantes, botas de goma, y, en espacios cerrados, equipo de respiración autónomo (SCBA, según sus siglas en inglés).  
Guía: EN 469: Ropa de protección contra incendios. Requisitos de funcionamiento para la ropa de protección contra incendios. EN 15090 Calzado para extinción de incendios. EN 659 Guantes de protección para extinción de incendios. EN 443 Cascos para la lucha contra incendios en edificios y otras estructuras. EN 137 Equipos de protección respiratoria - Dispositivos autónomos de circuito abierto de aire comprimido para aparato de respiración con máscara completa - requisitos, ensayos, marcado.

## SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia: Evacuar la zona. Eliminar todas las fuentes de ignición si no hay peligro en hacerlo. Procure una ventilación adecuada. Prevenir la entrada en alcantarillas, sótanos, fosos de trabajo o cualquier lugar donde su acumulación pueda ser peligrosa. Monitorizar la concentración del producto liberado.

6.2 Precauciones Relativas al Medio Ambiente: Impedir nuevos escapes o derrames de forma segura.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza: Procure una ventilación adecuada.

6.4 Referencia a otras secciones: Ver también secciones 8 y 13.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Oxígeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021701

Fecha de revisión: 15.06.2016

5/13

**SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento:****7.1 Precauciones para una manipulación segura:**

Los gases a presión únicamente deben ser manipulados por personas con experiencia y adecuadamente formadas. Utilizar sólo equipo específicamente apropiado para este producto y para su presión y temperatura de suministro. Mantener el equipo libre de aceite y grasa. Abrir la válvula lentamente para evitar los golpes de ariete. Usar únicamente lubricantes y juntas compatibles con oxígeno. Use únicamente equipos limpios para el uso con oxígeno y adecuado a la presión del recipiente. Consulte al proveedor sobre instrucciones de uso y manipulación. La sustancia debe ser manipulada de acuerdo a procedimientos de correcta higiene industrial y seguridad. Proteja los recipientes de daños físicos; no arrastrar, deslizar, rodar o tirar. No quite las etiquetas suministradas por el proveedor como identificación del contenido del recipiente. Cuando mueva los recipientes, incluso en distancias cortas, use un carro diseñado para el transporte de este tipo de recipientes. Asegurarse que los recipientes estén siempre en posición vertical y cerrar las válvulas cuando no se estén usando. Procure una ventilación adecuada. Debe prevenirse la filtración de agua al interior del recipiente. No permitir el retroceso hacia el interior del recipiente. Evitar la succión de agua, ácido y alcalino. Mantener el contenedor por debajo de 50°C, en un lugar bien ventilado. Cumpla con todos los reglamentos y requisitos legales locales sobre el almacenamiento de los recipientes. No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización. Almacenar conforme a las normativas locales/regionales/nacionales/internacionales. Nunca use una llama directa o equipos eléctricos para aumentar la presión del recipiente. No retire las protecciones de las válvulas y en caso de necesidad nunca antes que el recipiente esté situado en su ubicación definitiva y asegurado en una pared o banco de trabajo adecuado. Recipientes con válvulas dañadas deben ser devueltos inmediatamente al proveedor. Cierre la válvula del recipiente después de su uso, incluso cuando esté vacío o esté conectado a un equipo. Nunca debe intentar reparar o modificar las válvulas o equipos de seguridad de los recipientes. Vuelva a colocar todas las protecciones de las válvulas tan pronto como el recipiente haya sido desconectado de su equipo. Mantenga todas las válvulas limpias y libres de aceites, petróleo o agua. Si el usuario tiene alguna dificultad en operar la válvula del recipiente, paralizar su uso y contactar con el proveedor. Nunca intente traspasar gases de un recipiente a otro. Las protecciones de las válvulas deben estar en su lugar.

**7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades:**

Los envases no deben ser almacenados en condiciones que puedan favorecer la corrosión del recipiente. Los recipientes deben ser revisados periódicamente para garantizar unas correctas condiciones de uso y la inexistencia de fugas. Las protecciones de las válvulas deben estar en su lugar. Almacene los recipientes en lugares libres de riesgo de incendio y lejos de fuentes de calor e ignición. Manténgase lejos de materias combustibles. Evitar zonas asfaltadas para el almacenamiento y utilización (existe riesgo de ignición en caso de derrame). Separar los gases inflamables de otros materiales inflamables almacenados.

**7.3 Usos específicos finales:**

Ninguno.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Oxígeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021701

Fecha de revisión: 15.06.2016

6/13

**SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual****8.1 Parámetros de Control****Valores Límite de Exposición Profesional**

No se asignaron límites de exposición a ninguno de los componentes.

**8.2 Controles de la exposición**

**Controles técnicos apropiados:** Utilizar sistema de permisos de trabajo (por ejemplo para actividades de mantenimiento). Asegurar la adecuada ventilación de aire. Evitar atmósferas ricas en oxígeno (superior al 23,5%). Deben utilizarse detectores de gases cuando puedan ser liberados gases comburentes. Asegure una ventilación adecuada, incluyendo una extracción local adecuada para que los límites de exposición profesional no se excedan. Los sistemas bajo presión deben ser regularmente revisados para detectar fugas. Utilice preferiblemente conexiones permanentes a prueba de fugas (por ejemplo, tuberías soldadas). Prohibido comer, beber y fumar durante la utilización del producto.

**Medidas de protección individual, tales como equipos de protección personal**

**Información general:** Debe realizarse y documentarse la evaluación del riesgo en cada área de trabajo para evaluar los riesgos relacionados con el uso del producto y para seleccionar los equipos de protección individual correspondientes al riesgo. Se deben seguir las siguientes recomendaciones. Disponer de aparato de respiración autónomo para uso en caso de emergencia. Los equipos de protección individual para el cuerpo se deben seleccionar en base a las tareas a ejecutar y a los riesgos involucrados.

**Protección de los ojos/la cara:** Use protección ocular, según la norma EN 166, cuando se utilicen gases.  
Guía: EN 166: Gafas de protección.

**Protección cutánea**

**Protección de las Manos:** Use guantes de protección cuando manipule los recipientes.  
Guía: EN 388 Guantes de protección contra riesgos mecánicos.

**Protección corporal:** Ninguna medida en particular.

**Otros:** Use zapatos de seguridad cuando manipule los recipientes.  
Guía: EN ISO 20345 Equipo de protección individual - Calzado de seguridad.

**Protección respiratoria:** No requiere.

**Peligros térmicos:** No hay medidas preventivas necesarias.

**Medidas de higiene:** No son necesarias medidas de evaluación de riesgos más allá de la correcta manipulación de acuerdo a la higiene industrial y a los procedimientos de seguridad. Prohibido comer, beber y fumar durante la utilización del producto.

**Controles de exposición medioambiental:** Para información sobre la eliminación, véase la sección 13.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Oxígeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 15.06.2016

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021701  
 7/13

## SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

## 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

## Aspecto

Forma/estado:	Gas
Forma/Figura:	Gas comprimido
Color:	Incoloro
Olor:	Inodoro
Olor, umbral:	La superación de límites por el olor es subjetiva e inadecuado para advertir del riesgo de sobrecarga.
pH:	no aplicable.
Punto de fusión:	-218,4 °C
Punto ebullición:	-183 °C
Punto de sublimación:	no aplicable.
Temperatura crítica (°C):	-118,0 °C
Punto de inflamación:	No aplicable para gases y mezclas de gases
Velocidad de evaporación:	No aplicable para gases y mezclas de gases
Inflamabilidad (sólido, gas):	Este material no es inflamable.
Límite de inflamabilidad - superior (%):	no aplicable.
Límite de inflamabilidad - inferior (%):	no aplicable.
Presión de vapor:	4.053 kPa (-124,1 °C)
Densidad de vapor (aire=1):	No hay datos disponibles.
Densidad relativa:	1,1
Solubilidad(es)	
Solubilidad en agua:	39 mg/l
Coefficiente de reparto (n-octanol/agua):	Desconocido.
Temperatura de autoignición:	no aplicable.
descomposición, temperatura de:	Desconocido.
Viscosidad	
Viscosidad cinemática:	No hay datos disponibles.
Viscosidad dinámica:	No hay datos disponibles.
Propiedades explosivas:	No corresponde.
Propiedades comburentes:	Comburente

9.2 OTRA INFORMACIÓN: Ninguno.

Peso molecular: 32 g/mol (O<sub>2</sub>)

## SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad: No existen peligros de reacción distintos de los descritos en otras secciones.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Oxígeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021701

Fecha de revisión: 15.06.2016

8/13

10.2 Estabilidad Química:	Estable en condiciones normales.
10.3 Posibilidad de Reacciones Peligrosas:	Oxida violentamente materiales orgánicos. Puede reaccionar violentamente con materias combustibles. Puede reaccionar violentamente con agentes reductores.
10.4 Condiciones que Deben Evitarse:	Ninguno.
10.5 Materiales Incompatibles:	Materiales combustibles. Agentes reductores. Mantener el equipo libre de aceite y grasa. Por la compatibilidad de los materiales, consultar la última versión de la norma ISO-11114. En caso de combustión, téngase en cuenta el peligro potencial de toxicidad debido a la presencia de polímeros clorados o fluorados en conductos de oxígeno a alta presión (>30 bar).
10.6 Productos de Descomposición Peligrosos:	Bajo condiciones normales de uso y almacenamiento, no debe producirse descomposición en productos peligrosos.

## SECCIÓN 11: Información toxicológica

Información general: Ninguno.

## 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

**Toxicidad aguda - Ingestión**  
Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Toxicidad aguda - Contacto dermal**  
Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Toxicidad aguda - Inhalación**  
Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Corrosión/Irritación Cutáneas**  
Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Lesiones Oculares Graves/Irritación Ocular**  
Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Sensibilización de la Piel o Respiratoria**  
Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Mutagenicidad en Células Germinales**  
Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Carcinogenicidad**  
Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Toxicidad para la reproducción**

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Oxígeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 15.06.2016

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021701  
9/13

<b>Producto</b>	A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
<b>Toxicidad Sistémica Específica de Órganos Diana- Exposición Única</b> <b>Producto</b>	A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
<b>Toxicidad Sistémica Específica de Órganos Diana- Exposiciones Repetidas</b> <b>Producto</b>	A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
<b>Peligro por Aspiración</b> <b>Producto</b>	No aplicable para gases y mezclas de gases.

**SECCIÓN 12: Información ecológica**

## 12.1 Toxicidad

<b>Toxicidad aguda</b> <b>Producto</b>	Sin daños ecológicos causados por este producto.
---	--

## 12.2 Persistencia y Degradabilidad

<b>Producto</b>	No aplicable para gases y mezclas de gases.
-----------------	---

## 12.3 Potencial de Bioacumulación

<b>Producto</b>	La sustancia es de origen natural.
-----------------	------------------------------------

## 12.4 Movilidad en el Suelo

<b>Producto</b>	Debido a su alta volatilidad, el producto es poco probable que cause contaminación del suelo o del agua.
-----------------	--

## 12.5 Resultados de la valoración

<b>PBT y mPmB</b> <b>Producto</b>	No clasificada como PBT o vPBT.
--------------------------------------	---------------------------------

<b>12.6 Otros Efectos Adversos:</b>	Sin daños ecológicos causados por este producto.
-------------------------------------	--

**SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación**

## 13.1 Métodos para el tratamiento de residuos

<b>Información general:</b>	No descargar dentro de ningún lugar donde su acumulación pudiera ser peligrosa. Descargar a la atmósfera en un lugar bien ventilado.
-----------------------------	--

<b>Métodos de eliminación:</b>	Consulte el código de buenas prácticas de EIGA (Doc.30 "La eliminación de gases", descargable en <a href="http://www.eiga.org">http://www.eiga.org</a> ) para obtener más orientación sobre los métodos apropiados para la eliminación. Eliminación de la botella sólo a través del proveedor. Las actividades de descarga, tratamiento o eliminación pueden estar sujetas a leyes nacionales, estatales o locales
--------------------------------	--

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Oxígeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 15.06.2016

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021701  
 10/13

**Códigos del Catálogo Europeo de Residuos**

Contenedor: 16 05 04\*: Gases en recipientes a presión (incluidos los halones) que contienen sustancias peligrosas.

**SECCIÓN 14: Información relativa al transporte****ADR**

14.1 Número ONU: UN 1072  
 14.2 Designación Oficial de Transporte de las Naciones Unidas: OXÍGENO COMPRIMIDO  
 14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte  
 Clase: 2  
 Etiqueta(s): 2.2, 5.1  
 No. de riesgo (ADR): 25  
 Código de restricciones en túneles: (E)  
 14.4 Grupo de Embalaje: -  
 14.5 Peligros para el medio ambiente: no aplicable  
 14.6 Precauciones particulares para los usuarios: -

**RID**

14.1 Número ONU: UN 1072  
 14.2 Designación Oficial de Transporte de las Naciones Unidas: OXÍGENO COMPRIMIDO  
 14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte  
 Clase: 2  
 Etiqueta(s): 2.2, 5.1  
 14.4 Grupo de Embalaje: -  
 14.5 Peligros para el medio ambiente: no aplicable  
 14.6 Precauciones particulares para los usuarios: -

**IMDG**

14.1 Número ONU: UN 1072  
 14.2 Designación Oficial de Transporte de las Naciones Unidas: OXYGEN, COMPRESSED  
 14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte  
 Clase: 2.2  
 Etiqueta(s): 2.2, 5.1  
 EmS No.: F-C, S-W  
 14.3 Grupo de Embalaje: -  
 14.5 Peligros para el medio ambiente: no aplicable  
 14.6 Precauciones particulares para los usuarios: -

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Oxígeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 15.06.2016

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021701  
 11/13

## IATA

14.1 Número ONU:	UN 1072
14.2 Designación oficial de transporte:	Oxygen, compressed
14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte:	
Clase:	2.2
Etiqueta(s):	2.2, 5.1
14.4 Grupo de Embalaje:	-
14.5 Peligros para el medio ambiente:	no aplicable
14.6 Precauciones particulares para los usuarios:	-
OTRA INFORMACIÓN	
Transporte aéreo de pasajeros y mercancías:	Permitido.
únicamente avión de carga:	Permitido.

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC: no aplicable

**Identificación adicional:** Evitar el transporte en los vehículos donde el espacio de la carga no esté separado del compartimiento del conductor. Asegurar que el conductor está enterado de los riesgos potenciales de la carga y que conoce que hacer en caso de un accidente o emergencia. Asegurar el recipiente de gas antes del transporte. Asegurarse que las válvulas de las botellas están cerradas y no fugan. Las protecciones de las válvulas deben estar en su lugar. Asegurar la adecuada ventilación de aire.

## SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla:

## Legislación de la UE

Directiva 96/82/CE (Seveso II) relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas:

Determinación química	No. CAS	Concentración
oxígeno	7782-44-7	100%

Directiva 98/24/CE relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo:

Determinación química	No. CAS	Concentración
oxígeno	7782-44-7	100%

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Oxígeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 15.06.2016

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021701  
 12/13

## Reglamentaciones nacionales

Directiva 89/391/CEE sobre la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo. Directiva 89/686/CEE sobre equipos de protección personal. Sólo los productos que cumplen con los reglamentos alimentarios (CE) N° 1333/2008 y (UE) N° 231/2012 y que están etiquetados como tales pueden ser utilizados como aditivos alimentarios.  
 Esta Ficha de Datos de Seguridad ha sido elaborada en cumplimiento del reglamento UE 453/2010.

## 15.2 Evaluación de la seguridad química:

No se ha realizado ninguna evaluación de la seguridad química.

## SECCIÓN 16: Otra información

## Información sobre revisión:

No pertinente.

## Principales referencias bibliográficas y las fuentes de datos:

Se han utilizado diversas fuentes de datos en la elaboración de esta FDS. Esto incluye, no de forma exclusiva, lo siguiente:  
 Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (ATSDR) - Agencia para las sustancias tóxicas y registro de enfermedades (<http://www.atsdr.cdc.gov/>).  
 Agencia Europea de Productos Químicos: Guía para la elaboración de fichas de datos de seguridad.  
 Agencia Europea de Productos Químicos: Información sobre sustancias <http://apps.echa.europa.eu/registered/registered-sub.aspx#search>  
 European Industrial Gases Association (EIGA) Doc.169 Guía para la clasificación y etiquetado.  
 Programa Internacional sobre Seguridad Química (<http://www.inchem.org/>)  
 ISO 10156:2010 Gases y mezclas de gases - Determinación del potencial de inflamabilidad y de oxidación para la selección de válvulas de botellas.  
 Matheson Gas Data Book, 7ª edición.  
 National Institute for Standards and Technology (NIST) Standard Reference Database Number 69.  
 The ESIS (European chemical Substances Information System) platform of the former European Chemicals Bureau (ECB) ESIS (<http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/>).  
 The European Chemical Industry Council (CEFIC) ERICards.  
 United States of America's National Library of Medicine's toxicology data network TOXNET (<http://toxnet.nlm.nih.gov/index.html>).  
 Los valores umbral límite (TLV) de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH).  
 Información específica de la sustancia por parte de los proveedores.  
 Los detalles dados son ciertos y correctos en el momento de publicarse este documento.

## Enunciado de las frases R y H en los apartados 2 y 3

H270 Puede provocar o agravar un incendio; comburente.  
 H280 Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.  
 R8 Peligro de fuego en contacto con materias combustibles.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Oxígeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021701

Fecha de revisión: 15.06.2016

13/13

**Información sobre formación:** Los usuarios de los aparatos de respiración deben ser entrenados. Asegurarse que los operarios comprenden los riesgos por enriquecimiento de oxígeno. Asegurarse que los operarios comprenden los riesgos.

**Clasificación de acuerdo con el reglamento (CE) No. 1272/2008 con sus modificaciones ulteriores.**

Ox. Gas 1, H270

Press. Gas Compr. Gas, H280

**OTRA INFORMACIÓN:**

Antes de utilizar el producto en un nuevo proceso o experimento, debe llevarse a cabo un estudio completo de seguridad y de compatibilidad de los materiales. Asegurar la adecuada ventilación de aire. Asegúrese que se cumplen las normativas nacionales y locales. A pesar de que durante la preparación de este documento se ha tomado especial cuidado, no se acepta ninguna responsabilidad por las lesiones o los daños.

**Fecha de revisión:**

15.06.2016

**Exención de responsabilidad:**

Se proporciona esta información sin ninguna garantía. Se cree que la información es correcta. Esta información debe usarse para hacer una determinación independiente de los métodos para proteger a los trabajadores y el medio ambiente.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Nitrógeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 05.11.2015

Versión: 2.0

No. FDS: 000010021697  
1/13

**SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa****1.1 Identificador del producto**

Nombre del producto: Nitrógeno comprimido

Nombre comercial: Nitrógeno, Biogon N E941, Nitrógeno Seco, Nitrógeno 5.5 Halocarbon Free, Nitrógeno 5.0 Trace, Laserline Nitrógeno 5.0, Nitrógeno 5.0 COT Free, Nitrógeno 5.0, Nitrógeno 6.0, Nitrógeno 5.5

**Identificación adicional**

Determinación química: nitrogeno

Fórmula química: N<sub>2</sub>

Número de identificación - UE -

No. CAS 7727-37-9

N.º CE 231-783-9

No. de registro REACH Los enumerados en Anexo IV/V del Reglamento n.º 1907/2006/EC (REACH) están exentos de registro.

**1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados**

Uso identificado: Industriales y profesionales. Realizar la evaluación de riesgos antes de su uso. Propelente para aerosol. Gas resto para mezclas. Gas para "blanketing". Gas de calibración. Gas portador. Extinción de incendios. Gas para envasado de alimentos. Gas de inertización. Inflado de neumáticos. Uso en laboratorio. Gas para laser. Gas para presión en aplicaciones de sistemas de presión. Gas de proceso. Gas de purga. Gas Test. Consumo particular.

Usos no recomendados: Aplicaciones en bebidas. Gas de protección en la soldadura con gas. Los productos de calidad industrial o técnica no son adecuados para aplicaciones médicas y/o alimentarias ni para inhalación.

**1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad****Proveedor**

Abelló Linde, S. A.  
Calle Bailén 105  
E-08009 Barcelona

teléfono: +34 93 4 76 74 00

Correo electrónico: [customerservice@es.linde-gas.com](mailto:customerservice@es.linde-gas.com)

1.4 Teléfono de emergencia: +34 93 4 76 74 00

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Nitrógeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 05.11.2015

Versión: 2.0

No. FDS: 000010021697  
2/13

**SECCIÓN 2: Identificación de los peligros****2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla**

Clasificación con arreglo a la directiva 67/548/CEE o la directiva 1999/45/CE con sus modificaciones posteriores.

No clasificado

Clasificación de acuerdo con el reglamento (CE) No. 1272/2008 con sus modificaciones posteriores.

**Peligros Físicos**

Gases a presión

Gas comprimido H280: Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.

**2.2 Elementos de la Etiqueta**

Palabras de Advertencia: Atención

Indicación(es) de peligro: H280: Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.

**Consejos de Prudencia**

Prevención: Ninguno.

Respuesta: Ninguno.

Almacenamiento: P403: Almacenar en un lugar bien ventilado.

Eliminación: Ninguno.

**Información suplementaria en la etiqueta**

EIGA-As: Asfixiante en altas concentraciones.

2.3 Otros peligros: Ninguno.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Nitrógeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 05.11.2015

Versión: 2.0

No. FDS: 000010021697  
3/13

**SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes****3.1 Sustancias**

Determinación química	nitrogeno
Número de identificación - UE:	-
No. CAS:	7727-37-9
N.º CE:	231-783-9
No. de registro REACH:	Los enumerados en Anexo IV/V del Reglamento n º 1907/2006/EC (REACH) están exentos de registro.
Pureza:	100% La pureza de la sustancia indicada en esta sección se utiliza únicamente con fines de clasificación y no representa la pureza real de la sustancia tal como se suministra, para conocer la cual debe consultarse otra documentación.
Nombre comercial:	Nitrógeno, Biogon N E941, Nitrógeno Seco, Nitrógeno 5.5 Halocarbon Free, Nitrógeno 5.0 Trace, Laserline Nitrógeno 5.0, Nitrógeno 5.0 COT Free, Nitrógeno 5.0, Nitrógeno 6.0, Nitrógeno 5.5

**SECCIÓN 4: Primeros auxilios**

**General:** A elevadas concentraciones puede causar asfixia. Los síntomas pueden incluir la pérdida de la consciencia o de la movilidad. La víctima no siente la asfixia. Retirar a la víctima a un área no contaminada llevando colocado el equipo de respiración autónoma. Mantener a la víctima caliente y en reposo. Llamar al doctor. Aplicar la respiración artificial si se para la respiración.

**4.1 Descripción de los primeros auxilios**

**Inhalación:** A elevadas concentraciones puede causar asfixia. Los síntomas pueden incluir la pérdida de la consciencia o de la movilidad. La víctima no siente la asfixia. Retirar a la víctima a un área no contaminada llevando colocado el equipo de respiración autónoma. Mantener a la víctima caliente y en reposo. Llamar al doctor. Aplicar la respiración artificial si se para la respiración.

**Contacto con los ojos:** No se esperan efectos adversos de este producto.

**Contacto con la Piel:** No se esperan efectos adversos de este producto.

**Ingestión:** La ingestión no está considerada como una vía potencial de exposición.

**4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados:** Parada respiratoria.

**4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente**

**Riesgos:** Ninguno.

**Tratamiento:** Ninguno.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Nitrógeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 05.11.2015

Versión: 2.0

No. FDS: 000010021697  
 4/13

## SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

**Riesgos Generales de Incendio:** El calor puede ocasionar explosión de los recipientes.

## 5.1 Medios de extinción

**Medios de extinción apropiados:** El material no se quemará. En caso de incendio en los alrededores: utilizar un agente de extinción apropiado.

**Medios de extinción no apropiados:** Ninguno.

**5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla:** Ninguno.

**Productos de combustión peligrosos:** Ninguno.

## 5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

**Medidas especiales de lucha contra incendios:** En caso de incendio: Detener la fuga, si no hay peligro en hacerlo. Continuar vertiendo agua pulverizada desde un lugar protegido hasta que los contenedores permanezcan fríos. Use los extintores para contener el fuego. Aislar la fuente del fuego o dejar que se queme.

**Equipos de protección especial que debe llevar el personal de lucha contra incendios:** Los bomberos deben utilizar un equipo de protección estándar incluyendo chaqueta ignífuga, casco con careta, guantes, botas de goma, y, en espacios cerrados, equipo de respiración autónomo (SCBA, según sus siglas en inglés). Guía: EN 469: Ropa de protección contra incendios. Requisitos de funcionamiento para la ropa de protección contra incendios. EN 15090 Calzado para extinción de incendios. EN 659 Guantes de protección para extinción de incendios. EN 443 Cascos para la lucha contra incendios en edificios y otras estructuras. EN 137 Equipos de protección respiratoria - Dispositivos autónomos de circuito abierto de aire comprimido para aparato de respiración con máscara completa - requisitos, ensayos, marcado.

## SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

**6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia:** Evacuar la zona. Procure una ventilación adecuada. Prevenir la entrada en alcantarillas, sótanos, fosos de trabajo o cualquier lugar donde su acumulación pueda ser peligrosa. Utilizar equipos de respiración autónoma cuando entren en el área a menos que esté probado que la atmósfera es segura. Guía EN 137 Equipos de protección respiratoria - Dispositivos autónomos de circuito abierto de aire comprimido para aparato de respiración con máscara completa - requisitos, ensayos, marcado.

**6.2 Precauciones Relativas al Medio Ambiente:** Impedir nuevos escapes o derrames de forma segura.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Nitrógeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.0

No. FDS: 000010021697

Fecha de revisión: 05.11.2015

5/13

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza: Procure una ventilación adecuada.

6.4 Referencia a otras secciones: Ver también secciones 8 y 13.

**SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento:****7.1 Precauciones para una manipulación segura:**

Los gases a presión únicamente deben ser manipulados por personas con experiencia y adecuadamente formadas. Utilizar sólo equipo específicamente apropiado para este producto y para su presión y temperatura de suministro. Consulte al proveedor sobre instrucciones de uso y manipulación. La sustancia debe ser manipulada de acuerdo a procedimientos de correcta higiene industrial y seguridad. Proteja los recipientes de daños físicos; no arrastrar, deslizar, rodar o tirar. No quite las etiquetas suministradas por el proveedor como identificación del contenido del recipiente. Cuando mueva los recipientes, incluso en distancias cortas, use un carro diseñado para el transporte de este tipo de recipientes. Asegurarse que los recipientes estén siempre en posición vertical y cerrar las válvulas cuando no se estén usando. Procure una ventilación adecuada. Debe prevenirse la filtración de agua al interior del recipiente. No permitir el retroceso hacia el interior del recipiente. Evitar la succión de agua, ácido y alcalino. Mantener el contenedor por debajo de 50°C, en un lugar bien ventilado. Cumpla con todos los reglamentos y requisitos legales locales sobre el almacenamiento de los recipientes. No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización. Almacenar conforme a las normativas locales/regionales/nacionales/internacionales. Nunca use una llama directa o equipos eléctricos para aumentar la presión del recipiente. No retire las protecciones de las válvulas y en caso de necesidad nunca antes que el recipiente esté situado en su ubicación definitiva y asegurado en una pared o banco de trabajo adecuado. Recipientes con válvulas dañadas deben ser devueltos inmediatamente al proveedor. Cierre la válvula del recipiente después de su uso, incluso cuando esté vacío o esté conectado a un equipo. Nunca debe intentar reparar o modificar las válvulas o equipos de seguridad de los recipientes. Vuelva a colocar todas las protecciones de las válvulas tan pronto como el recipiente haya sido desconectado de su equipo. Mantenga todas las válvulas limpias y libres de aceites, petróleo o agua. Si el usuario tiene alguna dificultad en operar la válvula del recipiente, paralizar su uso y contactar con el proveedor. Nunca intente traspasar gases de un recipiente a otro. Las protecciones de las válvulas deben estar en su lugar.

**7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades:**

Los envases no deben ser almacenados en condiciones que puedan favorecer la corrosión del recipiente. Los recipientes deben ser revisados periódicamente para garantizar unas correctas condiciones de uso y la inexistencia de fugas. Las protecciones de las válvulas deben estar en su lugar. Almacene los recipientes en lugares libres de riesgo de incendio y lejos de fuentes de calor e ignición. Manténgase lejos de materias combustibles.

7.3 Usos específicos finales: Ninguno.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Nitrógeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 05.11.2015

Versión: 2.0

No. FDS: 000010021697  
 6/13

## SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

## 8.1 Parámetros de Control

## Valores Límite de Exposición Profesional

No se asignaron límites de exposición a ninguno de los componentes.

Observaciones  
 nitrógeno

Incluido en el reglamento pero sin valores de datos. Véase el reglamento para más detalles.  
 Listado.

## 8.2 Controles de la exposición

## Controles técnicos apropiados:

Utilizar sistema de permisos de trabajo (por ejemplo para actividades de mantenimiento). Asegurar la adecuada ventilación de aire. Asegure una ventilación adecuada, incluyendo una extracción local adecuada para que los límites de exposición profesional no se excedan. Deben usarse detectores de oxígeno cuando se puedan liberar gases asfixiantes. Los sistemas bajo presión deben ser regularmente revisados para detectar fugas. Utilice preferiblemente conexiones permanentes a prueba de fugas (por ejemplo, tuberías soldadas). Prohibido comer, beber y fumar durante la utilización del producto.

## Medidas de protección individual, tales como equipos de protección personal

## Información general:

Debe realizarse y documentarse la evaluación del riesgo en cada área de trabajo para evaluar los riesgos relacionados con el uso del producto y para seleccionar los equipos de protección individual correspondientes al riesgo. Se deben seguir las siguientes recomendaciones. Disponer de aparato de respiración autónomo para uso en caso de emergencia. Los equipos de protección individual para el cuerpo se deben seleccionar en base a las tareas a ejecutar y a los riesgos involucrados.

## Protección de los ojos/la cara:

Use protección ocular, según la norma EN 166, cuando se utilicen gases.  
 Guía: EN 166: Gafas de protección.

## Protección cutánea

## Protección de las Manos:

Use guantes de protección cuando manipule los recipientes.  
 Guía: EN 388 Guantes de protección contra riesgos mecánicos.

## Protección corporal:

Ninguna medida en particular.

## Otros:

Use zapatos de seguridad cuando manipule los recipientes.  
 Guía: EN ISO 20345 Equipo de protección individual - Calzado de seguridad.

## Protección respiratoria:

No requiere.

## Peligros térmicos:

No hay medidas preventivas necesarias.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Nitrógeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013 Versión: 2.0 No. FDS: 000010021697  
 Fecha de revisión: 05.11.2015 7/13

**Medidas de higiene:** No son necesarias medidas de evaluación de riesgos más allá de la correcta manipulación de acuerdo a la higiene industrial y a los procedimientos de seguridad. Prohibido comer, beber y fumar durante la utilización del producto.

**Controles de exposición medioambiental:** Para información sobre la eliminación, véase la sección 13.

## SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

## 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

## Aspecto

Forma/estado:	Gas
Forma/Figura:	Gas comprimido
Color:	Incoloro
Olor:	Gas inodoro
Olor, umbral:	La superación de los límites por el olor es subjetiva e inadecuada para advertir del riesgo de sobreexposición.
pH:	No aplicable.
Punto de fusión:	-210,01 °C
Punto ebullición:	-196 °C
Punto de sublimación:	No aplicable.
Temperatura crítica (°C):	-147,0 °C
Punto de inflamación:	No aplicable para gases y mezclas de gases
Velocidad de evaporación:	No aplicable para gases y mezclas de gases
Inflamabilidad (sólido, gas):	Este material no es inflamable.
Límite de inflamabilidad - superior (%):	No aplicable.
Límite de inflamabilidad - inferior (%):	No aplicable.
Presión de vapor:	No se dispone de datos fiables.
Densidad de vapor (aire=1):	0,97
Densidad relativa:	0,8
Solubilidad(es)	
Solubilidad en agua:	20 mg/l
Coefficiente de reparto (n-octanol/agua):	0,67 No aplicable
Temperatura de autoignición:	No aplicable.
descomposición, temperatura de:	Desconocido.
Viscosidad	
Viscosidad cinemática:	No hay datos disponibles.
Viscosidad dinámica:	0,171 mPa.s (10,9 °C)
Propiedades explosivas:	No corresponde.
Propiedades comburentes:	No aplicable.

9.2 OTRA INFORMACIÓN: Ninguno.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Nitrógeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 05.11.2015

Versión: 2.0

No. FDS: 000010021697  
8/13

Peso molecular: 28,01 g/mol (N<sub>2</sub>)

**SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad**

- 10.1 Reactividad: No existen peligros de reacción distintos de los descritos en otras secciones.
- 10.2 Estabilidad Química: Estable en condiciones normales.
- 10.3 Posibilidad de Reacciones Peligrosas: Ninguno.
- 10.4 Condiciones que Deben Evitarse: Ninguno.
- 10.5 Materiales Incompatibles: No reactivo, en seco o mojado, con materiales comunes.
- 10.6 Productos de Descomposición Peligrosos: Bajo condiciones normales de uso y almacenamiento, no debe producirse descomposición en productos peligrosos.

**SECCIÓN 11: Información toxicológica**

Información general: Ninguno.

**11.1 Información sobre los efectos toxicológicos**

Toxicidad aguda - Ingestión  
Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

Toxicidad aguda - Contacto dermal  
Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

Toxicidad aguda - Inhalación  
Producto **No clasificado en cuanto a toxicidad aguda con los datos disponibles.**

Corrosión/Irritación Cutáneas  
Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

Lesiones Oculares Graves/Irritación Ocular  
Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

Sensibilización de la Piel o Respiratoria  
Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Nitrógeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 05.11.2015

Versión: 2.0

No. FDS: 000010021697  
 9/13

**Mutagenicidad en Células Germinales**

**Producto** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Carcinogenicidad**

**Producto** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Toxicidad para la reproducción**

**Producto** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Toxicidad Sistémica Específica de Órganos Diana- Exposición Única**

**Producto** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Toxicidad Sistémica Específica de Órganos Diana- Exposiciones Repetidas**

**Producto** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

**Peligro por Aspiración**

**Producto** No aplicable para gases y mezclas de gases.

**SECCIÓN 12: Información ecológica****12.1 Toxicidad****Toxicidad aguda**

**Producto** Sin daños ecológicos causados por este producto.

**12.2 Persistencia y Degradabilidad**

**Producto** La sustancia es de origen natural.

**12.3 Potencial de Bioacumulación**

**Producto** Se supone que el producto es biodegradable y no se supone que persista en el ambiente acuático durante períodos prolongados.

**12.4 Movilidad en el Suelo**

**Producto** La sustancia es un gas. No aplicable.

**12.5 Resultados de la valoración****PBT y mPmB**

**Producto** No clasificada como PBT o vPBT.

**12.6 Otros Efectos Adversos:**

Sin daños ecológicos causados por este producto.

**SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación****13.1 Métodos para el tratamiento de residuos****Información general:**

No descargar dentro de ningún lugar donde su acumulación pudiera ser peligrosa.  
 Descargar a la atmósfera en un lugar bien ventilado.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Nitrógeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013 Versión: 2.0 No. FDS: 000010021697  
Fecha de revisión: 05.11.2015 10/13

**Métodos de eliminación:** Consulte el código de buenas prácticas de EIGA (Doc.30 "La eliminación de gases", descargable en <http://www.eiga.org>) para obtener más orientación sobre los métodos apropiados para la eliminación. Eliminación de la botella sólo a través del proveedor. Las actividades de descarga, tratamiento o eliminación pueden estar sujetas a leyes nacionales, estatales o locales

Códigos del Catálogo Europeo de Residuos

**Contenedor:** 16 05 05: Gases en recipientes a presión, distintos de los especificados en el código 16 05 04.

**SECCIÓN 14: Información relativa al transporte****ADR**

14.1 Número ONU: UN 1066  
14.2 Designación Oficial de Transporte de las Naciones Unidas: NITRÓGENO COMPRIMIDO  
14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte  
Clase: 2  
Etiqueta(s): 2.2  
No. de riesgo (ADR): 20  
Código de restricciones en túneles: (E)  
14.4 Grupo de Embalaje: -  
14.5 Peligros para el medio ambiente: No aplicable  
14.6 Precauciones particulares para los usuarios: -

**RID**

14.1 Número ONU: UN 1066  
14.2 Designación Oficial de Transporte de las Naciones Unidas: NITRÓGENO COMPRIMIDO  
14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte  
Clase: 2  
Etiqueta(s): 2.2  
14.4 Grupo de Embalaje: -  
14.5 Peligros para el medio ambiente: No aplicable  
14.6 Precauciones particulares para los usuarios: -

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Nitrógeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 05.11.2015

Versión: 2.0

No. FDS: 000010021697  
 11/13

## IMDG

14.1 Número ONU: UN 1066  
 14.2 Designación Oficial de Transporte de las Naciones Unidas: NITROGEN, COMPRESSED  
 14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte  
 Clase: 2.2  
 Etiqueta(s): 2.2  
 EmS No.: F-C, S-V  
 14.3 Grupo de Embalaje: -  
 14.5 Peligros para el medio ambiente: No aplicable  
 14.6 Precauciones particulares para los usuarios: -

## IATA

14.1 Número ONU: UN 1066  
 14.2 Designación oficial de transporte: Nitrogen, compressed  
 14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte:  
 Clase: 2.2  
 Etiqueta(s): 2.2  
 14.4 Grupo de Embalaje: -  
 14.5 Peligros para el medio ambiente: No aplicable  
 14.6 Precauciones particulares para los usuarios: -  
 OTRA INFORMACIÓN  
 Transporte aéreo de pasajeros y mercancías: Permitido.  
 únicamente avión de carga: Permitido.

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC: No aplicable

**Identificación adicional:** Evitar el transporte en los vehículos donde el espacio de la carga no esté separado del compartimiento del conductor. Asegurar que el conductor está enterado de los riesgos potenciales de la carga y que conoce que hacer en caso de un accidente o emergencia. Asegurar el recipiente de gas antes del transporte Asegurarse que las válvulas de las botellas están cerradas y no fugan. Las protecciones de las válvulas deben estar en su lugar. Asegurar la adecuada ventilación de aire.

## SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específica para la sustancia o la mezcla:

## Reglamentaciones nacionales

Directiva 89/391/CEE sobre la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo. Directiva 89/686/CEE sobre

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Nitrógeno comprimido

Fecha de Emisión:	16.01.2013	Versión:	2.0	No. FDS:	000010021697
Fecha de revisión:	05.11.2015				12/13

equipos de protección personal. Sólo los productos que cumplen con los reglamentos alimentarios (CE) N° 1333/2008 y (UE) N° 231/2012 y que están etiquetados como tales pueden ser utilizados como aditivos alimentarios.

Esta Ficha de Datos de Seguridad ha sido elaborada en cumplimiento del reglamento UE 453/2010.

**15.2 Evaluación de la seguridad química:** No se ha realizado ninguna evaluación de la seguridad química.

## SECCIÓN 16: Otra información

**Información sobre revisión:** No pertinente.

**Principales referencias bibliográficas y las fuentes de datos:**

Se han utilizado diversas fuentes de datos en la elaboración de esta FDS. Esto incluye, no de forma exclusiva, lo siguiente:

Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (ATSDR) - Agencia para las sustancias tóxicas y registro de enfermedades (<http://www.atsdr.cdc.gov/>).

Agencia Europea de Productos Químicos: Guía para la elaboración de fichas de datos de seguridad.

Agencia Europea de Productos Químicos: Información sobre sustancias <http://apps.echa.europa.eu/registered/registered-sub.aspx#search>

European Industrial Gases Association (EIGA) Doc.169 Guía para la clasificación y etiquetado.

Programa Internacional sobre Seguridad Química (<http://www.inchem.org/>)

ISO 10156:2010 Gases y mezclas de gases - Determinación del potencial de inflamabilidad y de oxidación para la selección de válvulas de botellas.

Matheson Gas Data Book, 7ª edición.

National Institute for Standards and Technology (NIST) Standard Reference Database Number 69.

The ESIS (European chemical Substances Information System) platform of the former European Chemicals Bureau (ECB) ESIS (<http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/>).

The European Chemical Industry Council (CEFIC) ERICards.

United States of America's National Library of Medicine's toxicology data network TOXNET (<http://toxnet.nlm.nih.gov/index.html>).

Los valores umbral límite (TLV) de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH).

Información específica de la sustancia por parte de los proveedores.

Los detalles dados son ciertos y correctos en el momento de publicarse este documento.

**Enunciado de las frases R y H en los apartados 2 y 3**

H280 Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.

**Información sobre formación:** Los usuarios de los aparatos de respiración deben ser entrenados. El riesgo de asfixia es a menudo despreciado y debe ser recalado durante la formación de los operarios. Asegurarse que los operarios comprenden los riesgos.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Nitrógeno comprimido

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.0

No. FDS: 000010021697

Fecha de revisión: 05.11.2015

13/13

Clasificación de acuerdo con el reglamento (CE) No. 1272/2008 con sus modificaciones ulteriores.

Press. Gas Compr. Gas, H280

**OTRA INFORMACIÓN:**

Antes de utilizar el producto en un nuevo proceso o experimento, debe llevarse a cabo un estudio completo de seguridad y de compatibilidad de los materiales. Asegurar la adecuada ventilación de aire. Asegúrese que se cumplen las normativas nacionales y locales. A pesar de que durante la preparación de este documento se ha tomado especial cuidado, no se acepta ninguna responsabilidad por las lesiones o los daños.

Fecha de revisión:

05.11.2015

Exención de responsabilidad:

Se proporciona esta información sin ninguna garantía. Se cree que la información es correcta. Esta información debe usarse para hacer una determinación independiente de los métodos para proteger a los trabajadores y el medio ambiente.

**HOJA ACTUALIZADA DE DATOS DE SEGURIDAD CONFORME A LA NOM-018-STPS**

Nº DE CONTROL EN EL CENTRO DE TRABAJO: PT-ACRIL-HDS-001

**ACRILONITRILO**

1.- FECHA DE ELABORACION : ENERO DEL 2007 2.- REVISION No. : 06

**SECCION I .- DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA SUSTANCIA QUÍMICA**

<p>1.- NOMBRE DEL FABRICANTE O IMPORTADOR COMPLEJO PETROQUÍMICO MORELOS</p>	<p>2.- EN CASO DE EMERGENCIA (24 HR.) COMUNICARSE AL TELEFONO</p> <p><b>CONTACTOS DE EMERGENCIA DENTRO DE LAS INSTALACIONES:</b></p> <p>SERVICIO MEDICO 400, VIGILANCIA 411, PARTIDA MILITAR 422, CONTRAINCENDIO 444, 445, OPERADORA 457.</p> <p><b>MEXICO: SETIQ</b> 01-800-00-214-00 EN LA REPÚBLICA MEXICANA PARA LLAMADAS ORIGINADAS EN LA CIUDAD DE MÉXICO Y EL AREA METROPOLITANA 5559-1588 PARA LLAMADAS ORIGINADAS EN CUALQUIER OTRA PARTE, LLAME A 011-52-55-559-1588</p> <p><b>U.S.: CHEMTREC®</b>, (CENTRO DE EMERGENCIA EN TRANSPORTE DE PRODUCTOS QUÍMICOS), 1-800-424-9300 (NÚMERO GRATUITO EN LOS ESTADOS UNIDOS, CANADÁ Y LAS ISLAS VÍRGENES) PARA LLAMADAS ORIGINADAS EN ALGUNA OTRA PARTE 703-527-3887 (SE ACEPTAN LLAMADAS POR COBRAR)</p> <p><b>Canadá:</b> (613) 996-6666 – CANUTEC</p>
---	--

3.- DOMICILIO COMPLETO				
EJIDO PAJARITOS	S/N,	ALLENDE SIN REFERENCIA	96380	
Calle	No. Ext	No. Int.	Colonia	C.P.

COATZACOALCOS	VERACRUZ
Delegación/Municipio	Localidad/Población

**SECCION II.- DATOS GENERALES DE LA SUSTANCIA QUIMICA**

<p>1.- NOMBRE QUÍMICO O CODIGO: ACRILONITRILO</p>	<p>2.- NOMBRE COMERCIAL ACRILONITRILO GRADO FIBRA</p>
<p>3.- FAMILIA QUIMICA: NITRILO ALIFÁTICO</p>	<p>4.- FORMULA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>FORMULA SEMIDESARROLLADA: CH<sub>2</sub>=CHCN</li> <li>FORMULA CONDENSADA: C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>N</li> </ul>
<p>5.- SINONIMOS AN, ACN, ÁCIDO ACRÍLICO, NITRILO, CIANURO DE VINILO Y CIANOETILENO, ACRILON, BENTOX, PROPILENONITRILO, FUMIGRANO, ACRILONITRILO INHIBIDO.</p>	<p>6.- OTROS DATOS: SUSTANCIA TOXICA/ N° RTECS AT 5250000</p>

**HOJA ACTUALIZADA DE DATOS DE SEGURIDAD CONFORME A LA NOM-018-STPS**

N° DE CONTROL EN EL CENTRO DE TRABAJO: PT-ACRIL-HDS-001

**ACRILONITRILO**
**SECCION III.- IDENTIFICACION DE LOS COMPONENTES**

1.- % Y NOMBRE DE LOS COMPONENTES				2.- No. CAS	3.- No. ONU	GRADO DE RIESGO			
						S	I	R	ESPECIAL
AGUA % PESO 0.2 – 0.5				NO APLICA	NO APLICA	NO	NO	NO	
ÁCIDO CIANHÍDRICO PPM PESO 5 MÁX.				74-90-8	UN 1051	4	4	2	
ACETONITRILO PPM PESO 150 MÁX.				75-05-8	UN 1648	3	4	3	
ACETONA PPM PESO 75 MÁX.				67-64-1	UN 1090	1	3	0	
ALDEHÍDOS (ACETALDEHÍDO) MG/LT 20 MÁX.				N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	
TIPO	SALUD	FUEGO	REACT.	RIESGOS ESPECÍFICOS/EPP	DEPENDENCIA NORMATIVA	LMPE – PPT (TLV – TWA)	LMPE – CT (TLV – STEL)	LMPE-TECHO (TLV-CEILING)	IPVS (IDLH)
NFPA	4	3	2	-	NOM-10-STPS	2 PPM	N/D	N/D	N/D
HMIS	4	3	2	H	ACGIH	2 PPM	N/D	N/D	500 PPM
NOM-018-STPS	4	3	2	-	NIOSH	1 PPM	N/D	10 ppm	N/D
SUSTANCIA A2 DE ACUERDO A LA NOM-10-STPS					OSHA	2 PPM	N/D	10 ppm	N/D
					Umbral de Olor: 17 PPM (SEMEJANTE AL AJO)				

**SECCION IV.- PROPIEDADES FISICO – QUIMICAS.**

1. TEMPERATURA DE EBULLICIÓN 760 MM DE HG (° C): 77.3	2. TEMPERATURA DE FUSIÓN(° C): -84
3. TEMPERATURA DE INFLAMACIÓN (° C): -1	4. TEMPERATURA DE AUTO IGNICIÓN (° c): 481
5. DENSIDAD RELATIVA (AGUA = 1): 0.81	6. DENSIDAD DE VAPOR( aire = 1): 1.83
7. PESO MOLECULAR(G/ G MOL): 53.1	8. ESTADO FÍSICO: LIQUIDO COLOR: INCOLORO OLOR: SEMEJANTE AL AJO SIMILAR AL DE LA PIRIDINA
9. VELOCIDAD DE EVAPORACIÓN (BUTIL ACETATO = 1): 4.54	
11. PRESIÓN DE VAPOR (MM HG. 20 ° C): 83	10. SOLUBILIDAD EN AGUA: 7.35
13. LIMITES DE INFLAMABILIDAD O EXPLOSIVIDAD: INFERIOR: 3.05% SUPERIOR: 17 %	12. % DE VOLATILIDAD: 100 %
	14. OTROS DATOS: CONCENTRACIÓN DE SATURACIÓN EN EL AIRE APROXIMADAMENTE A 20 ° C: 10.9 % Ó 109,000 PPM

**HOJA ACTUALIZADA DE DATOS DE SEGURIDAD CONFORME A LA NOM-018-STPS**

Nº DE CONTROL EN EL CENTRO DE TRABAJO: PT-ACRIL-HDS-001

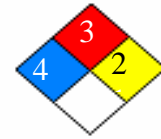
**ACRILONITRILO**

**SECCION V.- RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSION.**

<b>1. MEDIO DE EXTINCIÓN:</b>							
NIEBLA DE AGUA:	x	ESPUMA:	X	CO2:	X	POLVO QUIMICO SECO:	X
<b>2. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL:</b> PARA SITUACIONES DE INCENDIO SE RECOMIENDA EQUIPO ESTRUCTURAL PARA BOMBERO Y EQUIPO DE RESPIRACIÓN AUTOCONTENIDO DE MÁSCARA COMPLETA OPERADO BAJO PRESIÓN POSITIVA. , PARA CASOS DE DERRAME O DE EXPOSICIÓN ABIERTA VER SECCION VIII.- INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAME Y SECCION IX.- PROTECCIÓN ESPECIAL.							
<b>3. PROCEDIMIENTO Y PRECAUCIONES ESPECIALES EN EL COMBATE DE INCENDIO:</b> APLICAR ENFRIAMIENTO PARA DISPERSAR LOS VAPORES MÁS PESADOS QUE EL AIRE CON NIEBLA DE AGUA, ENFRIAR CONTENEDORES ADYACENTES, AISLAR EL AREA DE PELIGRO, ATACAR EN FORMA COORDINADA, ELIMINAR FUENTES DE ALIMENTACIÓN.							
<b>4. CONDICIONES QUE CONDUCEN A OTRO RIESGO ESPECIAL:</b> LOS VAPORES SON MÁS PESADOS QUE EL AIRE, PUEDEN VIAJAR A CONSIDERABLES DISTANCIAS A UNA FUENTE DE IGNICIÓN Y REGRESAR CON FLAMA, LA MEZCLA DE VAPORES-AIRE ES EXPLOSIVA, RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN POR POLIMERIZACIÓN CON BASES Y OXIDANTES FUERTES.							
<b>5. PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN NOCIVOS PARA LA SALUD:</b> HUMOS O GASES IRRITANTES, CO, HCN Y NOX							

**SECCION VI.- DATOS DE REACTIVIDAD.**

<b>1. SUSTANCIA.</b> INESTABLE	<b>2. CONDICIONES A EVITAR:</b> ALTAS TEMPERATURAS EN CONTENEDORES, CHISPAS Y FLAMAS ABIERTAS.
<b>3. INCOMPATIBILIDAD(SUSTANCIA A EVITAR)</b> ÁLCALIS Y MATERIALES OXIDANTES PUEDEN OCACIONAR INCENDIOS Y EXPLOSIONES	<b>4. PROD. PELIGROSOS DE LA DESCOMPOSICION:</b> HUMOS MUY TOXICOS DE CIANURO DE HIDROGENO, NITROGENO Y MONOXIDO DE CARBONO.
<b>5. POLIMERIZACION ESPONTANEA:</b> PUEDE OCURRIR AL EXPONERSE A LA LUZ O CUANDO ESTA CLAIENTE Y ESTE CALOR LUGAR A UNA PRESIÓN INTERNA EXCEDENTE Y HACER QUE EXPLOTEN LOS CONTENEDORES.	
<b>6. PREVENCIÓN:</b> EVITAR LA EXPOSICIÓN A LA LUZ SOLAR. LA CLASIFICACIÓN NFPA DE REACTIVIDAD ES 2	



**HOJA ACTUALIZADA DE DATOS DE SEGURIDAD CONFORME A LA NOM-018-STPS**

Nº DE CONTROL EN EL CENTRO DE TRABAJO: PT-ACRIL-HDS-001

**ACRILONITRILO**

**SECCION VII.- RIESGOS PARA LA SALUD Y PRIMEROS AUXILIOS.**

1.- POR EXPOSICION CRONICA Y/O AGUDA:		
RIESGO	EFFECTOS A LA SALUD POR EXPOSICION	PRIMEROS AUXILIOS
<b>A) CONTACTO CON LOS OJOS:</b>	<p>EFFECTOS LEVES: IRRITACIÓN OCULAR, ENROJECIMIENTO.</p> <p>EFFECTOS MODERADOS: DOLOR Y VISIÓN BORROSA.</p>	LAVAR OJOS CON AGUA ABUNDANTE POR 20 MIN. PEDIR AYUDA MÉDICA INMEDIATA.
<b>B) CONTACTO CON LA PIEL Y ABSORCION:</b>	<p>EFFECTOS LEVES: IRRITACIÓN EN LA PIEL, ENROJECIMIENTO, DOLOR LEVE: QUEMADURAS DE PRIMER GRADO O SUPERFICIALES.</p> <p>EFFECTOS MODERADOS: DOLOR MÁS INTENSO, FLICTENAS, AMPOLLAS O VEJIGAS: QUEMADURAS DE SEGUNDO GRADO O DE ESPESOR PARCIAL.</p> <p>EFFECTOS SEVEROS: DESTRUCCIÓN COMPLETA DEL TEJIDO DE LA PIEL (NECROSIS DE LA PIEL), DOLOR PROFUNDO: QUEMADURAS QUÍMICAS DE TERCER GRADO O DE ESPESOR COMPLETO.</p> <p>EN DOSIS IMPORTANTES, LA ABSORCIÓN POR VÍA CUTÁNEA PUEDE LLEGAR A PRODUCIR LA MUERTE.</p>	LAVAR PIEL CONTAMINADA CON AGUA ABUNDANTE POR 20 MIN. PEDIR AYUDA MÉDICA INMEDIATA.
<b>C) INGESTION ACCIDENTAL O VOLUNTARIA (INTENTO DE SUICIDIO):</b>	<p>EFFECTOS LEVES: DOLOR DE CABEZA, MAREOS.</p> <p>EFFECTOS MODERADOS: VÓMITO, DIARREA.</p> <p>EFFECTOS SEVEROS: PROFUNDA DEBILIDAD, PARO CARDIORRESPIRATORIO Y MUERTE.</p>	EN EL MEDIO LABORAL LA INGESTIÓN ES POCO PROBABLE. SE DEBE EVITAR TOMAR LÍQUIDOS O REFRESCOS EN AREAS DONDE SE ALMACENE O TRANSPORTE ACRILONITRILO. PEDIR AYUDA MÉDICA INMEDIATA. EN CASO DE INGESTIÓN SE DEBE REALIZAR LAVADO GÁSTRICO.
<b>D) INHALACION</b>	<p>EFFECTOS LEVES: CEFALEA (DOLOR DE CABEZA), VÓMITO, TOS, OPRESIÓN TORÁCICA, IRRITACIÓN EN LA MUCOSA OROFARÍNGEA</p> <p>EFFECTOS MODERADOS: DESMAYO, TAQUICARDIA (AUMENTO EN LA FRECUENCIA CARDIACA), RESPIRACIÓN IRREGULAR, ARRITMIA (PÉRDIDA DEL RITMO CARDIACO)</p> <p>EFFECTOS SEVEROS: CONVULSIONES, MIDRIASIS (DILATACIÓN PUPILAR), DISNEA (DIFICULTAD PARA RESPIRAR), HIPOTENSIÓN ARTERIAL, PARA CARDIORRESPIRATORIO Y MUERTE.</p>	<p>- RETIRAR AL TRABAJADOR DE LA EXPOSICIÓN O TRASLADAR A LA VICTIMA A UNA ZONA CON AIRE NO CONTAMINADO,</p> <p>- SUMINISTRAR OXÍGENO AL 100% POR MASCARILLA CON BOLSA RESERVORIO A 15 LITROS POR MINUTO</p> <p>-NO USAR EL MÉTODO DE RESPIRACIÓN DE BOCA A BOCA SI LA VICTIMA INGIRIÓ O INHALÓ LA SUSTANCIA.</p> <p>PEDIR AYUDA MÉDICA DE INMEDIATO.</p>

**HOJA ACTUALIZADA DE DATOS DE SEGURIDAD CONFORME A LA NOM-018-STPS**

Nº DE CONTROL EN EL CENTRO DE TRABAJO: PT-ACRIL-HDS-001

**ACRILONITRILLO**

2.- TOXICIDAD CRÓNICA, ES DECIR, TOXICIDAD PRODUCIDA POR EXPOSICIONES LEVES PERO DURANTE MUCHOS AÑOS.

CANCERÍGENA : **PROBABLE**    MUTAGÉNICA : **PROBABLE**    TERATOGÉNICA : **NO**    DAÑO REPRODUCTIVO: **NO**

OTRAS (ESPECIFICAR): FUENTES APROBADAS **SI** ESPECIFICAR: **NOM-010-STPS 1999, SAFETY CARDS DE OIT, NIOSH, NTP, IARC.**

3.- INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA (DL50-CL50. ETC.): **LD50 (via oral, en ratas) 82 mg/kg.**

4.- OTROS RIESGOS Y EFECTOS PARA LA SALUD: **CLASIFICACIÓN DE LA NTP: Sospechoso de ser carcinógeno en humanos; CLASIFICACIÓN DE LA IARC: Grupo 2A Probable Carcinógeno en Humanos, Órganos Blanco: Depresión del Sistema Nervioso Central, Sistema Cardiovascular (corazón), hígado, riñones.**

5.- ANTIDOTOS (EN CASO DE EXISTIR):

DE ACUERDO AL PRONTUARIO MÉDICO DE URGENCIAS TOXICOLÓGICAS DE LA DIRECCIÓN CORPORATIVA DE ADMINISTRACIÓN SUBDIRECCIÓN DE SERVICIOS DE SALUD REVISION 01 AGOSTO 2006 EXISTEN TRES TIPOS DE ANTIDOTOS:

- EL NITRITO DE AMILO EL CUAL SE APLICA POR INHALACION EN CASO DE QUE EL INTOXICADO POR LA SUSTANCIA ESTE CONCIENTE.
- EL NITRITO DE SODIO APLICADO VIA INTRAVENOSA
- EL KELOCYANOR APLICADO VIA INTRAVENOSA

6.- DATOS PARA EL MEDICO ( A CONTINUACIÓN SE DESCRIBEN DATOS CON REFERENCIA EN EL MANUAL DE TOXICOLOGIA EN LA INDUSTRIA PETROLERA DEL DEPARTAMENTO GENERAL DE MEDICINA DEL TRABAJO)

LA ASPIRACIÓN DE ESTA SUSTANCIA HACIA LOS PULMONES PUEDE CAUSAR INFLAMACIÓN Y RIESGO DE INFECCIÓN DE BRONQUIOS Y PULMONES, POR LO QUE NO DEBE INDUCIRSE EL VÓMITO A LAS VÍCTIMAS INCONSCIENTES.

**SECCION VIII.- INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAME.**

1.- PROCEDIMIENTO Y PRECAUCIONES INMEDIATAS:

**ELIMINAR TODAS FUENTES DE IGNICIÓN, NO TOCAR EL MATERIAL DERRAMADO, DETENER LA FUGA EN CASO DE PODER HACERLO O SIN RIESGO, ABSORBER CON TIERRA O ARENA PÁRA EVITAR SU INTRODUCCIÓN A VÍAS FLUVIALES.** PARA DERRAMES MAYORES, EL AREA DEBE AISLARSE POR LO MENOS 100 A 200 METROS (330 A 660 PIES) EN TODAS LAS DIRECCIONES. NO TOQUE O CAMINE A TRAVES DEL MATERIAL CONTAMINADO. PARAR LA FUGA SI ES POSIBLE, HACERLO SIN RIESGO. EVITAR ENTRAR EN DUCTOS DE AGUA, ALCANTARILLAS, SOTANOS O AREAS CONFINADAS. USAR HERRAMIENTAS QUE NO GENEREN CHISPAS, PARA LOS DERRAMES MAYORES, HACER UN DIQUE. CONTROLE LOS VAPORES VAPORES APLICANDO UNACAPA DE ESPUMA DE ALCOHOL RESISTENTE. VUELVA A APLICAR LA ESPUMA COMO SEA NECESARIO PARA MANTENER EL DERRAME CUBIERTO. USAR EL EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL ASI COMO HERRAMIENTA APROPIADO PARA INFLAMABLES CUANDO SE LLEVE A CABO LA ACTIVIDAD DE TRANSFERIR EL MATERIAL DERRAMADO A LOS RECIPIENTES CONVENIENTES. EL RESIDUO RESTANTE PUEDE NEUTRALIZARSE CON UN 5-10% DE SOLUCIÓN ACUOSA DE METABISULFITO DE SODIO. DISPONGA DEL RESIDUO NEUTRALIZADO SEGUN LAS REGULACIONES GUBERNAMENTALES APLICABLES.

**HOJA ACTUALIZADA DE DATOS DE SEGURIDAD CONFORME A LA NOM-018-STPS**

N° DE CONTROL EN EL CENTRO DE TRABAJO: PT-ACRIL-HDS-001

**ACRILONITRILO**

**SECCION IX.- PROTECCIÓN ESPECIAL.**

EXPOSICIÓN ABIERTA A LA SUSTANCIA:

- ROPA DE ALGODÓN, TRAJE DE PROTECCIÓN CORPORAL COMPLETO NIVEL A **ENCAPSULADO** Y SOBRECUBIERTA PROTECTORA DE MATERIAL RESISTENTE AL ACRILONITRILO (GOMA DE BUTILO, NEOPRENO, GOMA DE NITROBUTADIENO, VITON-BUTIL-VITON ETC.)
- ASEGURARSE QUE NO SE ROMPA LA HERMETICIDAD DE LA PROTECCION
- EQUIPO (SCBA siglas en Ingles o ERA siglas en Español) DE RESPIRACIÓN AUTOCONTENIDO DE MÁSCARA COMPLETA OPERADO BAJO PRESIÓN POSITIVA.

FUEGO SIN EXPOSICIÓN A LOS VAPORES.

EQUIPO ESTRUCTURAL PARA BOMBERO Y EQUIPO DE RESPIRACIÓN AUTOCONTENIDO DE MÁSCARA COMPLETA OPERADO BAJO PRESIÓN POSITIVA.

**SECCION X.- INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTACION.**

NÚMERO ONU: UN 1093

CLASE DE RIESGO DE TRANSPORTE : CLASE 3 LÍQUIDOS INFLAMABLES Y CLASE 6 VENENO

GUÍA DE RESPUESTA EN CASO DE EMERGENCIA: VER GUIA SETIQ N° 131

COLOCAR EL CARTEL QUE IDENTIFICA EL CONTENIDO Y RIESGO DEL PRODUCTO TRANSPORTADO, CUMPLIENDO CON EL COLOR, DIMENSIONES, COLOCACIÓN, ETC., DISPUESTOS EN LA NOM-004-SCT/2000 Y EMPLEANDO CUALQUIERA DE LOS DOS MODELOS QUE SE MUESTRAN EN EL RECUADRO DE LA DERECHA.



- 1.- LAS UNIDADES DE ARRASTRE DE AUTOTRANSPORTE Y FERROVIARIAS EMPLEADAS EN EL TRANSPORTE DE SUSTANCIAS PELIGROSAS, DEBEN CUMPLIR LO DISPUESTO EN LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS APLICABLES, EMITIDAS POR LA SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES.
- 2.- LAS UNIDADES DE AUTOTRANSPORTE Y FERROVIARIAS EMPLEADAS EN EL TRANSPORTE DE SUSTANCIAS PELIGROSAS, DEBEN USAR CARTELES DE IDENTIFICACIÓN; Y, DEBEN PORTAR EL NÚMERO CON EL QUE LAS NACIONES UNIDAS CLASIFICA AL PRODUCTO QUE SE TRANSPORTA. ESTAS INDICACIONES DEBEN APEGARSE A LOS MODELOS QUE SE INDICAN EN LA NOM-004-SCT-2000.
- 3.- ANTES DE INICIAR LAS OPERACIONES DE LLENADO, DEBE VERIFICARSE QUE EL CONTENEDOR ESTÉ VACÍO, LIMPIO, SECO Y EN CONDICIONES APROPIADAS PARA LA RECEPCIÓN DEL PRODUCTO.
- 4.- TODOS LOS ENVASES Y EMBALAJES; ASÍ COMO LAS UNIDADES DESTINADAS AL TRANSPORTE TERRESTRE DE PRODUCTOS PELIGROSOS, DEBEN INSPECCIONARSE PERIÓDICAMENTE PARA GARANTIZAR SUS CONDICIONES ÓPTIMAS. PARA FINES DE ESTA INSPECCIÓN, DEBEN EMPLEARSE COMO REFERENCIA LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS APLICABLES DE LA SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, ENTRE LAS QUE SE PUEDE CITA LA NOM-006-SCT2-2000.
- 5.- ESTA HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS, DEBE PORTARSE SIEMPRE EN LA UNIDAD DE ARRASTRE.

**SECCION XI.- INFORMACIÓN SOBRE ECOLOGIA.**

SUSTANCIA ALTAMENTE TOXICA, REPORTAR CUALQUIER FUGA O DERRAME. DEBERÁ RESTRINGIRSE EL ACCESO A PERSONAS QUE NO UTILICEN EQUIPOS DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA Y A LA PIEL EN LA ZONA DE DERRAME O FUGA HASTA QUE SE HAY CONCLUIDO LA LIMPIEZA. DEBERAN TOMARSE EN CUENTA LAS SIGUIENTES MEDIDAS: RETIRARE TODAS LAS FUENTES DE IGNICIÓN, VENTILAR LA ZONA DEL DERRAME O FUGA , RECOGER EL DERRAME POR EL METODO DE ADSORCIÓN CON VERMICULITA, ARENA SECA O MATERIAL ESPECIFICO PARA SU POSTERIOR DISPOSICIÓN DEL MATERIAL CONTAMINADO DE ACUERDO A LA NORMATIVIDAD APLICABLE.

METODOS DE MONITOREOS AMBIENTALES: TUBOS DE CARBON ACTIVADO (SECCIONES DE100/50 mg, Y MALLA DE 20/40)



## HOJA ACTUALIZADA DE DATOS DE SEGURIDAD CONFORME A LA NOM-018-STPS

Nº DE CONTROL EN EL CENTRO DE TRABAJO: PT-ACRIL-HDS-001

### ACRILONITRILO

CONFORME AL MÉTODO DE LA NOM-010-STPS-1999 PARA EVALUACIONES DE SALUD OCUPACIONAL. METODOS DIRECTOS CON TUBOS DETECTORES:  
TUBO GASTEC RANGO DE .25-15 PPM, TUBOS DRAEGER CON UN RANGO DE .5-20  
TUBOS MSA CON RANGO DE 1-60 PPM

#### SECCION XII.- PRECAUCIONES ESPECIALES

##### 1.- PRECAUCIONES QUE DEBEN SER TOMADAS PARA EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO:

EVITAR FUGAS Y SOBRECALENTAMIENTO DE LOS CONTENEDORES YA QUE PUEDEN EXPLOTAR CUANDO SE CALIENTAN.  
NO REBASAR LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES RECOMENDADOS EN ESTA HOJA, PRECAUCIÓN EN EL MANEJO DEL TOXICO POR SU GRADO DE INFLAMABILIDAD, ELIMINAR FUENTES DE IGNICIÓN, COMO SON: LLAMAS, FRICCIÓN Y ELECTRICIDAD ESTATICA, PROTECCIÓN DEL PROCESO E INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE EXTRACCIÓN DE AIRE, EQUIPO DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA, CON SUMINISTROS DE AIRE, PROTECCIÓN A LA PIEL Y EQUIPO DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS.

##### 2.-OTRAS PRECAUCIONES:

EL FUEGO PUEDE PRODUCIR GASES IRRITANTES, VENENOSOS Y/O CORROSIVOS. SE RECOMIENDA VER LA GUIA 131 DEL SETIQ, TEL. 91800-00-214 O BIEN A LA PAGINA WEB. [http://www.tc.gc.ca/canutec/erg\\_gmu/search/buscar.htm](http://www.tc.gc.ca/canutec/erg_gmu/search/buscar.htm), EN EL CUAL SE INTRODUCE EL NÚMERO ONU PROPORCIONADO POR ESTA HOJA DE SEGURIDAD PARA MAYOR INFORMACIÓN DE LA SUSTANCIA.

#### REFERENCIAS Y ABREVIATURAS

##### EL CONTENIDO DE ESTA HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD (HDS), SE ELABORO EN BASE EN LO :

ESTABLECIDO EN LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-018-STPS- 2000 "Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo", y a las siguientes referencias: NOM-010-STPS-1999, "Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral". "Reglamento de transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos".

NOM-004-SCT-2000 "Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos".

NOM-006-SCT2-2000 "Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos".

Hoja Técnica de Especificación del ACRILONITRILO GRADO FIBRA emitido por PEMEX PETROQUIMICA

NIOSH: "Pocket Guide to Chemical Hazards", "Occupational Health Guideline for Mineral Oil Mist", "IDLH Documentation".

NFPA 325 "Guide to Fire Hazard Properties of Flammable Liquids, Gases, and Volatile Solids". 1994 BASES DE DATOS QUIMICOS MERCK, INTERNATIONAL CHEMICAL SAFETY CARDS, CHEMFINDER, OSHA, NIOSH, ACIGH Y SIGMA-ALDRIH QUIMICA S.A DE C.V.

-CONTIENEN LA OPINION Y REVISION COLECTIVA DEL PERSONAL DE SCSIPA, AREA OPERATIVA, DEL SERVICIO MEDICO LOCAL Y LABORATORIO DE TOXICOLOGIA INDUSTRIAL DE PEMEX PETROQUIMICA.

<sup>1</sup> ONU: Número asignado por la Organización de las Naciones Unidas.

<sup>2</sup> CAS: Número asignado por la Chemical Abstracts Service.

<sup>3</sup> NFPA: National Fire Protection Association.

<sup>4</sup> SETIQ: Sistema de Emergencias en el Transporte para la Industria Química.

<sup>5</sup> CENACOM: Centro Nacional de Comunicación.(Protección Civil)

<sup>6</sup> SCT: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

<sup>7</sup> GRE: Guía de Respuesta a Emergencia.

<sup>8</sup> LMPE-PPT: Límite Máximo Permissible de Exposición Promedio Ponderada en el Tiempo (TWA, siglas en ingles).

<sup>9</sup> LMPE-CT: Límite Máximo Permissible de Exposición de Corto Tiempo (STEL, en ingles).

<sup>10</sup> IPVS: Inmediatamente Peligroso para la Vida y la Salud. (IDLH, siglas en ingles).

<sup>11</sup> P: Límite Máximo Permissible de Exposición Pico.

<sup>12</sup> S: Grado de riesgo a la Salud.

<sup>13</sup> I: Grado de riesgo de Inflamabilidad.

<sup>14</sup> R: Grado de riesgo de Reactividad.

<sup>15</sup> E: Grado de riesgo Especial.

<sup>16</sup> CL<sub>50</sub>: Concentración Letal Media.

<sup>17</sup> DL<sub>50</sub>: Dosis Letal Media.

NA: No Aplica.

ND: No Disponible.

n.e.o.m: no especificado de otro modo.

### SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

- **1.1 Identificador del producto**
- **Nombre comercial:** acetonitrilo
- **Número del artículo:** A1605
- **Número CAS:**  
75-05-8
- **Número CE:**  
200-835-2
- **Número de clasificación:**  
608-001-00-3
- **Número de registro** 01-2119471307-38-XXXX
- **1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados**  
No existen más datos relevantes disponibles.
- **Utilización del producto / de la elaboración**  
Chemical for various applications  
Laboratory chemical
- **1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad**
- **Fabricante/distribuidor:**  
AppliChem GmbH  
Ottoweg 4  
D-64291 Darmstadt  
Tel.: +49 (0)6151 93570  
msds@appliChem.com
- **Área de información:** Abteilung Qualitätskontrolle / Dep. Quality Control
- **1.4 Teléfono de emergencia:**  
+49(0)6151 93570 (während der normalen Geschäftszeiten / Inside normal business hours)

### SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

- **2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla**
- **Clasificación con arreglo al Reglamento (CE) n° 1272/2008**  
Flam. Liq. 2 H225 Líquido y vapores muy inflamables.  
Acute Tox. 4 H302 Nocivo en caso de ingestión.  
Acute Tox. 4 H312 Nocivo en contacto con la piel.  
Acute Tox. 4 H332 Nocivo en caso de inhalación.  
Eye Irrit. 2 H319 Provoca irritación ocular grave.
- **Clasificación con arreglo a la Directiva 67/548/CEE o Directiva 1999/45/CE**  
Xn; Nocivo  
R20/21/22: Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.  
Xi; Irritante  
R36: Irrita los ojos.  
F; Fácilmente inflamable  
R11: Fácilmente inflamable.
- **Indicaciones adicionales sobre los riesgos para personas y el medio ambiente:** Nulo
- **2.2 Elementos de la etiqueta**
- **Etiquetado con arreglo al Reglamento (CE) n° 1272/2008**  
La sustancia se ha clasificado y etiquetado de conformidad con el reglamento CLP.

( se continua en página 2 )

**Nombre comercial:** acetonitrilo

( se continua en página 1 )

· **Pictogramas de peligro**



GHS02 GHS07

· **Palabra de advertencia** Peligro

· **Componentes peligrosos a indicar en el etiquetaje:**

acetonitrilo

· **Indicaciones de peligro**

H225

Líquido y vapores muy inflamables.

H302+H312+H332 Nocivo en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación.

H319

Provoca irritación ocular grave.

· **Consejos de prudencia**

P210

Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. - No fumar.

P305+P351+P338 **EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS:** Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P403+P235

Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener en lugar fresco.

· **2.3 Otros peligros**

· **Resultados de la valoración PBT y mPmB**

· **PBT:** No aplicable.

· **mPmB:** No aplicable.

### SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

· **3.1 Caracterización química: Sustancias**

· **Denominación N° CAS**

75-05-8 acetonitrilo

· **Número(s) de identificación**

· **Número CE:** 200-835-2

· **Número de clasificación:** 608-001-00-3

### SECCIÓN 4: Primeros auxilios

· **4.1 Descripción de los primeros auxilios**

· **Instrucciones generales:** Quitarse de inmediato toda prenda contaminada con el producto.

· **En caso de inhalación del producto:**

Proporcionar aire fresco.

En caso de parada respiratoria: Respiración asistida o por medios instrumentales, suministración de oxígeno en caso necesario. Llamar al médico.

· **En caso de contacto con la piel:**

Aclarar con abundante agua.

Proporcionar asistencia médica a la persona afectada.

· **En caso de con los ojos:**

Limpia los ojos abiertos durante varios minutos con agua corriente y consultar un médico.

· **En caso de ingestión:**

Hacer beber agua (máximo 2 vasos).

No provocar el vómito y solicitar asistencia médica inmediata.

· **4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados** No existen más datos relevantes disponibles.

· **4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente**

No existen más datos relevantes disponibles.

ES

( se continua en página 3 )

**Nombre comercial:** acetonitrilo

( se continua en página 2 )

### **SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios**

- **5.1 Medios de extinción**
- **Sustancias extintoras apropiadas:**  
*CO<sub>2</sub>, polvo extintor o chorro de agua rociada. Combatir incendios mayores con chorro de agua rociada o espuma resistente al alcohol.*
- **5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla**  
*Combustible.  
Vapores más pesados que el aire.  
Forms explosive mixtures with air at ambient temperatures.  
Observar también ignición de retroceso.  
Posible formación de gases tóxicos en caso de calentamiento o incendio.  
Durante un incendio pueden liberarse:  
Ácido cianhídrico (HCN)  
Oxidos azoicos (NO<sub>x</sub>)  
óxidos de carbono (CO, CO<sub>2</sub>).*
- **5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios**
- **Equipo especial de protección:**  
*Llevar puesto un aparato de respiración autónomo.  
Llevar puesto un traje de protección total.*
- **Indicaciones adicionales**  
*Los restos de incendio así como el agua de extinción contaminada deben desecharse de acuerdo con las normativas vigentes.  
Precipitar los vapores emergentes con agua.*

### **SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental**

- **6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia**  
*Llevar puesto equipo de protección. Mantener alejadas las personas sin protección.  
Mantener alejadas las fuentes de encendido.  
Evitar el contacto con la sustancia.*
- **6.2 Precauciones relativas al medio ambiente:**  
*Evitar que penetre en la canalización /aguas de superficie /agua subterráneas.*
- **6.3 Métodos y material de contención y de limpieza:**  
*Quitar con material absorbente (arena, kieselgur, aglutinante de ácidos, aglutinante universal, aserrín).  
Desechar el material contaminado como vertido según item 13.  
Asegurar suficiente ventilación.  
Aclarer después.*
- **6.4 Referencia a otras secciones**  
*Ver capítulo 7 para mayor información sobre una manipulación segura.  
Ver capítulo 8 para mayor información sobre el equipo personal de protección.  
Para mayor información sobre cómo desechar el producto, ver capítulo 13.*

### **SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento**

- **7.1 Precauciones para una manipulación segura**  
*Asegurar suficiente ventilación /aspiración en el puesto de trabajo.*
- **Prevención de incendios y explosiones:**  
*Mantener alejadas las fuentes de encendido. No fumar.  
Tomar medidas contra las cargas electrostáticas.*
- **7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades**
- **Almacenamiento:**
- **Exigencias con respecto al almacén y los recipientes:** *Almacenar en un lugar fresco.*
- **Normas en caso de un almacenamiento conjunto:** *Alejado de fuentes de ignición y de calor.*
- **Indicaciones adicionales sobre las condiciones de almacenamiento:**  
*Mantener el recipiente cerrado herméticamente.*

( se continua en página 4 )

**Nombre comercial:** acetonitrilo

( se continua en página 3 )

- Almacenarlo en envases bien cerrados en un lugar fresco y seco.
- Almacenar sólo al aire libre o en locales protegidos contra explosiones.
- Almacenar bajo llave o con acceso permitido solamente a profesionales o personal autorizado.
- **Temperatura de almacenamiento recomendada:** 15-25 °C
- **Clase de almacenamiento:** 3
- **7.3 Usos específicos finales** No existen más datos relevantes disponibles.

## SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

- **Instrucciones adicionales para el acondicionamiento de instalaciones técnicas:**  
Sin datos adicionales, ver punto 7.

### · 8.1 Parámetros de control

- **Componentes con valores límite admisibles que deben controlarse en el puesto de trabajo:**

#### 75-05-8 acetonitrilo

LEP Valor de larga duración: 68 mg/m<sup>3</sup>, 40 ppm  
vía dérmica, VLI

### · DNEL

#### 75-05-8 acetonitrilo

Oral	Acute - systemic effects, general population	0,6 mg/kg (-)
Dermal	Long-term - systemic effects, worker	32,2 mg/kg (-)
Inhalatorio	Acute - local effects, general population	22 mg/m <sup>3</sup> (-)
	Acute - local effects, worker	68 mg/m <sup>3</sup> (-)
	Acute - systemic effects, general population	220 mg/m <sup>3</sup> (-)
	Long-term - local effects, general population	4,8 mg/m <sup>3</sup> (-)
	Long-term - local effects, worker	68 mg/m <sup>3</sup> (-)
	Long-term - systemic effects, general population	4,8 mg/m <sup>3</sup> (-)
	Long-term - systemic effects, worker	68 mg/m <sup>3</sup> (-)

### · PNEC

#### 75-05-8 acetonitrilo

Aquatic compartment - freshwater	10 mg/L (-)
Aquatic compartment - marine water	1 mg/L (-)
Aquatic compartment - sediment in freshwater	7,53 mg/kg (-)
Aquatic compartment - water, intermittent releases	10 mg/L (-)
Sewage treatment plant	32 mg/L (-)
Terrestrial compartment - soil	2,41 mg/kg (-)

- **Indicaciones adicionales:** Como base se han utilizado las listas vigentes en el momento de la elaboración.

### · 8.2 Controles de la exposición

#### · Equipo de protección individual:

#### · Medidas generales de protección e higiene:

- Mantener alejado de alimentos, bebidas y alimentos para animales.
- Quitarse de inmediato la ropa ensuciada o impregnada.
- Lavarse las manos antes de las pausas y al final del trabajo.
- Evitar el contacto con los ojos.
- Evitar el contacto con los ojos y la piel.

#### · Protección respiratoria:

- Si la exposición va a ser breve o de poca intensidad, colocarse una máscara respiratoria. Para una exposición más intensa o de mayor duración, usar un aparato de respiración autónomo.

Filtro A

( se continua en página 5 )

**Nombre comercial:** acetonitrilo

( se continua en página 4 )

· **Protección de manos:**



Guantes de protección

El material del guante deberá ser impermeable y resistente al producto / sustancia / preparado.  
Selección del material de los guantes en función de los tiempos de rotura, grado de permeabilidad y degradación.

· **Material de los guantes**

La elección del guante adecuado no depende únicamente del material, sino también de otras características de calidad, que pueden variar de un fabricante a otro.

· **Tiempo de penetración del material de los guantes**

El tiempo de resistencia a la penetración exacto deberá ser pedido al fabricante de los guantes. Este tiempo debe ser respetado.

· **Para el contacto permanente son adecuados los guantes compuestos por los siguientes materiales:**

Espesor recomendada:  $\geq 0,7$  mm

Caucho butílico

Valor de permeación: Nivel  $\geq 480$  min

· **Para protegerse contra salpicaduras son adecuados los guantes compuestos por los siguientes materiales:**

Espesor recomendada:  $\geq 0,65$  mm

Caucho de cloropreno

Valor de permeación: Nivel  $\geq 30$  min

· **Protección de ojos:**



Gafas de protección herméticas

· **Protección del cuerpo:**

Utilizar traje de protección

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa.

## SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

· **9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

· **Datos generales**

· **Aspecto:**

Forma: Líquido

Color: Incoloro

· **Olor:** Aromático

· **Umbral olfativo:** No determinado.

· **valor pH:** No determinado.

· **Cambio de estado**

Punto de fusión /campo de fusión:  $-46$  °C

Punto de ebullición /campo de ebullición:  $82$  °C

· **Punto de inflamación:**  $2$  °C

· **Inflamabilidad (sólido, gaseiforme):** No aplicable.

· **Temperatura de ignición:**  $525$  °C

· **Temperatura de descomposición:** No determinado.

· **Autoinflamabilidad:** No determinado.

· **Peligro de explosión:** El producto no es explosivo; sin embargo, pueden formarse mezclas explosivas de vapor / aire.

( se continua en página 6 )

Nombre comercial: **acetonitrilo**

( se continua en página 5 )

- |   |  |
|---|--|
| · <b>Límites de explosión:</b>                    |  |
| <b>Inferior:</b>                                  | 4,4 Vol %                                    |
| <b>Superior:</b>                                  | 16 Vol %                                     |
| · <b>Presión de vapor a 20 °C:</b>                | 97 hPa                                       |
| · <b>Densidad a 20 °C:</b>                        | 0,786 g/cm <sup>3</sup>                      |
| · <b>Densidad relativa</b>                        | No determinado.                              |
| · <b>Densidad de vapor</b>                        | No determinado.                              |
| · <b>Velocidad de evaporación</b>                 | No determinado.                              |
| · <b>Solubilidad en / miscibilidad con agua:</b>  | Completamente mezclable.                     |
| · <b>Coeficiente de reparto (n-octanol/agua):</b> | No determinado.                              |
| · <b>Viscosidad:</b>                              |  |
| <b>Dinámica:</b>                                  | No determinado.                              |
| <b>Cinemática:</b>                                | No determinado.                              |
| · <b>Concentración del disolvente:</b>            |  |
| <b>Disolventes orgánicos:</b>                     | 0,0 %  |
| <b>VOC (CE)</b>                                   | 0,00 %                                       |
| · <b>9.2 Información adicional</b>                | No existen más datos relevantes disponibles. |

## SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

- **10.1 Reactividad**
- **10.2 Estabilidad química**
- **Descomposición térmica / condiciones que deben evitarse:** Calentamiento
- **10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas** No se conocen reacciones peligrosas.
- **10.4 Condiciones que deben evitarse** No existen más datos relevantes disponibles.
- **10.5 Materiales incompatibles:** Varios plastics
- **10.6 Productos de descomposición peligrosos:** En caso de incendio: Véase capítulo 5.

## SECCIÓN 11: Información toxicológica

- **11.1 Información sobre los efectos toxicológicos**
- **Toxicidad aguda:**
- **Valores LD/LC50 (dosis letal /dosis letal = 50%) relevantes para la clasificación:**

· **Componente tipo valor especie**

**75-05-8 acetonitrilo**

Oral	LD50	617 mg/kg (mouse)
Dermal	LD50	>2000 mg/kg (rabbit)

- **Efecto estimulante primario:**
- **en la piel:** No produce irritaciones.
- **en el ojo:** Fuertes irritaciones.
- **Tras inhalación** No data available
- **Sensibilización:** No se conoce ningún efecto sensibilizante.

## SECCIÓN 12: Información ecológica

- **12.2 Persistencia y degradabilidad** fácilmente biodegradable
- **12.3 Potencial de bioacumulación** No existen más datos relevantes disponibles.
- **12.4 Movilidad en el suelo** No existen más datos relevantes disponibles.

( se continua en página 7 )

**Nombre comercial:** acetonitrilo



( se continua en página 6 )

- **Indicaciones medioambientales adicionales:**
- **Indicaciones generales:**  
Nivel de riesgo para el agua 2 (clasificación de listas): peligroso para el agua  
No dejar que se infiltre en aguas subterráneas, aguas superficiales o en alcantarillados.  
Una cantidad mínima vertida en el subsuelo ya representa un peligro para el agua potable.
- **12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB**
- **PBT:** No aplicable.
- **mPmB:** No aplicable.
- **12.6 Otros efectos adversos** No existen más datos relevantes disponibles.

### SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

- **13.1 Métodos para el tratamiento de residuos**
- **Recomendación:**  
Los productos químicos han de eliminarse siguiendo las normativas nacionales  
No debe desecharse con la basura doméstica. No debe llegar al alcantarillado.
- **Embalajes sin limpiar:**
- **Recomendación:**  
Eliminar conforme a las disposiciones oficiales.  
Los embalajes que no se pueden limpiar, deben desecharse de la misma manera que la sustancia.
- **Producto de limpieza recomendado:** Agua, eventualmente añadiendo productos de limpieza.

### SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

- **14.1 Número UN**
- **ADR, IMDG, IATA** UN1648
- **14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas**
- **ADR** ACETONITRILLO
- **IMDG, IATA** ACETONITRILE
- **14.3 Clase(s) de peligro para el transporte**
- **ADR**
- 
- **Clase** 3 (F1) Líquidos inflamables
- **Etiqueta** 3
- **IMDG, IATA**
- 
- **Class** 3 Líquidos inflamables
- **Label** 3
- **14.4 Grupo de embalaje**
- **ADR, IMDG, IATA** II
- **14.5 Peligros para el medio ambiente:**
- **Contaminante marino:** No
- **14.6 Precauciones particulares para los usuarios** Atención: Líquidos inflamables
- **Número Kemler:** 33

( se continua en página 8 )

**Nombre comercial:** acetonitrilo

( se continua en página 7 )

· <b>Número EMS:</b>	F-E,S-D
· <b>14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC</b>	No aplicable.
· <b>Transporte/datos adicionales:</b>	
· <b>ADR</b>	
· <b>Cantidades limitadas (LQ)</b>	1L
· <b>Cantidades exceptuadas (EQ)</b>	Código: E2 Cantidad neta máxima por envase interior: 30 ml Cantidad neta máxima por embalaje exterior: 500 ml
· <b>Categoría de transporte</b>	2
· <b>Código de restricción del túnel</b>	D/E
· <b>IMDG</b>	
· <b>Limited quantities (LQ)</b>	1L
· <b>Excepted quantities (EQ)</b>	Code: E2 Maximum net quantity per inner packaging: 30 ml Maximum net quantity per outer packaging: 500 ml
· <b>"Reglamentación Modelo" de la UNECE:</b>	UN1648, ACETONITRILLO, 3, II

### SECCIÓN 15: Información reglamentaria

- **15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla**  
No existen más datos relevantes disponibles.
- **15.2 Evaluación de la seguridad química:** Una evaluación de la seguridad química no se ha llevado a cabo.

### SECCIÓN 16: Otra información

Los datos se fundan en el estado actual de nuestros conocimientos, pero no constituyen garantía alguna de cualidades del producto y no generan ninguna relación jurídica contractual.

- **Persona de contacto:** Abteilung Qualitätskontrolle / Dept. Quality Control
- **Interlocutor:** Hr. / Mr. Th. Stöckle
- **Abreviaturas y acrónimos:**  
RID: Règlement international concernant le transport des marchandises dangereuses par chemin de fer (Regulations Concerning the International Transport of Dangerous Goods by Rail)  
ICAO: International Civil Aviation Organisation  
ADR: Accord européen sur le transport des marchandises dangereuses par Route (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road)  
IMDG: International Maritime Code for Dangerous Goods  
IATA: International Air Transport Association  
GHS: Globally Harmonised System of Classification and Labelling of Chemicals  
EINECS: European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances  
CAS: Chemical Abstracts Service (division of the American Chemical Society)  
VOC: Volatile Organic Compounds (USA, EU)  
DNEL: Derived No-Effect Level (REACH)  
PNEC: Predicted No-Effect Concentration (REACH)  
LC50: Lethal concentration, 50 percent  
LD50: Lethal dose, 50 percent  
Flam. Liq. 2: Flammable liquids, Hazard Category 2  
Acute Tox. 4: Acute toxicity, Hazard Category 4  
Eye Irrit. 2: Serious eye damage/eye irritation, Hazard Category 2

# Fichas Internacionales de Seguridad Química

## CIANURO DE HIDROGENO

ICSC: 0492



Acido cianhídrico  
Acido prúsico  
(licuado)  
HCN  
Masa molecular: 27.03

Nº ICSC 0492  
Nº CAS 74-90-8  
Nº RTECS MW6825000  
Nº NU 1051  
Nº CE 006-006-00-X



TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO</b>	Extremadamente inflamable. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, dejar que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos apagar con polvo, agua pulverizada, espuma, dióxido de carbono.
<b>EXPLOSION</b>	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.
<b>EXPOSICION</b>		¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
• <b>INHALACION</b>	Confusión mental. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas. Convulsiones. Jadeo. Pérdida del conocimiento. Muerte.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. No aplicar respiración boca a boca. Administrar oxígeno por personal especializado. Proporcionar asistencia médica. Véanse Notas.
• <b>PIEL</b>	¡PUEDE ABSORBERSE! (Para mayor información, véase Inhalación).	Guantes protectores. Traje de protección.	Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica. Utilizar guantes protectores cuando se presten primeros auxilios.
• <b>OJOS</b>	PUEDE SER ABSORBIDO. Enrojecimiento. (Véase Inhalación).	Gafas ajustadas de seguridad, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.

<b>• INGESTION</b>	Sensación de quemazón. (Para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. No respiración boca a boca. Administrar oxígeno por personal especializado. Proporcionar asistencia médica. Véanse Notas.
--------------------	---	--	--

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Evacuar la zona de peligro inmediatamente. Consultar a un experto. Ventilar. Eliminar toda fuente de ignición Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Traje hermético de protección química, incluyendo aparato autónomo de respiración.	A prueba de incendio. Separado de alimentos y piensos. Mantener en lugar fresco. Almacenar solamente si está estabilizado.	NU (transporte): Ver pictograma en cabecera. contaminante marino. Clasificación de Peligros NU: 6.1 Riesgos Subsidiarios NU: 3 Grupo de Envasado NU: I CE: simbolo F+ simbolo T+ simbolo N R: 12-26-50/53 S: 1/2-7/9-16-36/37-38-45-60-61



**VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE**

**ICSC: 0492**

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europeas © CE, IPCS, 2003

## Fichas Internacionales de Seguridad Química

### CIANURO DE HIDROGENO

**ICSC: 0492**

<b>D A T O S I M P O R T A N T E S</b>	<p><b>ESTADO FISICO: ASPECTO:</b> Gas incoloro o líquido, de olor característico.</p> <p><b>PELIGROS FISICOS:</b> El gas se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas.</p> <p><b>PELIGROS QUIMICOS:</b> La sustancia puede polimerizar debido al calentamiento intenso, bajo la influencia de bases, por encima del 2% de agua, o si no se encuentra químicamente estabilizado, con peligro de incendio o explosión. Por combustión, formación de gases tóxicos y corrosivos, incluyendo óxidos de nitrógeno. La disolución en agua es un ácido débil. Reacciona violentamente con oxidantes, cloruro de hidrógeno en mezclas alcohólicas, originando peligro de incendio y explosión.</p> <p><b>LIMITES DE EXPOSICION:</b> TLV: 4.7 ppm; (valor techo); (piel); (ACGIH 2003). MAK: 1.9 ppm, 2.1 mg/m<sup>3</sup>; H (absorción dérmica); Categoría de limitación de pico: II(2); Riesgo para el embarazo: grupo C; (DFG 2003).</p>	<p><b>VIAS DE EXPOSICION:</b> La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.</p> <p><b>RIESGO DE INHALACION:</b> La evaporación de esta sustancia a 20°C, producirá una concentración nociva de la misma en aire muy rápidamente.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION:</b> La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La sustancia puede causar efectos en respiración celular, dando lugar a convulsiones y pérdida del conocimiento. La exposición puede producir la muerte. Se recomienda vigilancia médica. Véanse Notas.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA:</b> La sustancia puede afectar a la tiroide.</p>
--	---	--

<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>	Punto de ebullición: 26°C	Punto de inflamación: -18°C c.c.
	Punto de fusión: -13°C	Temperatura de autoignición: 538°C
	Densidad relativa (agua = 1): 0.69 (líquido)	Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 5.6-40.0
	Solubilidad en agua: miscible	Coefficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.25
	Presión de vapor, kPa a 20°C: 82.6	Conductividad eléctrica: 10000000 pS/m (no en la ficha)
	Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.94	
	Temperatura crítica: 183.6°C (no en la ficha)	

<b>DATOS AMBIENTALES</b>	La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos.
--------------------------	---

**NOTAS**

El valor límite de exposición laboral aplicable no debe superarse en ningún momento de la exposición en el trabajo. En caso de envenenamiento con esta sustancia es necesario realizar un tratamiento específico; así como disponer de los medios adecuados junto las instrucciones respectivas. La alerta por el olor es insuficiente. Aplicar también las recomendaciones de esta ficha al compuesto cianuro de hidrógeno, estabilizado, absorbido en material poroso inerte. Otros números NU: 1613, Cianuro de hidrógeno, solución acuosa <20 % de cianuro de hidrógeno; 1614, Cianuro de hidrógeno, estabilizado, absorbido en material poroso inerte; 3294, Cianuro de hidrógeno, solución en alcohol, no más del 45% de cianuro de hidrógeno. Nunca trabajar solo en un área si hay posibilidad de exposición a cianuro de hidrógeno. Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición.

Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-61S1051  
Código NFPA: H 4; F 4; R 2;

**INFORMACION ADICIONAL**

Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: <a href="http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm">http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm</a>	Última revisión IPCS: 2003 Traducción al español y actualización de valores límite y etiquetado: 2003 FISQ: 2-040
--	---

**ICSC: 0492** **CIANURO DE HIDROGENO**

© CE, IPCS, 2003

<b>NOTA LEGAL IMPORTANTE:</b>	Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.
-------------------------------	---

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Dióxido de carbono

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
Fecha de revisión: 08.03.2016

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021714  
1/15

**SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa**

## 1.1 Identificador del producto

Nombre del producto:	Dióxido de carbono
Nombre comercial:	Dióxido de carbono, Dióxido de carbono Sonda, Dióxido de carbono 4.5, Dióxido de carbono 5.3, Dióxido de carbono 4.0 Veriseq Research, Laserline dióxido de carbono 4.5, R744, R744 Sonda, Biogon C E290, Dióxido de carbono 3.0, Dióxido de carbono medicinal
Identificación adicional	
Determinación química:	dióxido de carbono
Fórmula química:	CO <sub>2</sub>
Número de identificación - UE	-
No. CAS	124-38-9
N.º CE	204-696-9
No. de registro REACH	Los enumerados en Anexo IV/V del Reglamento n.º 1907/2006/EC (REACH) están exentos de registro.

## 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Uso identificado:	Industriales y profesionales. Realizar la evaluación de riesgos antes de su uso. Propelente para aerosol. Gas resto para mezclas. Aplicaciones en bebidas. Usos biocidas. Gas para "blanketing". Limpieza por chorreado. Gas de calibración. Gas portador. Síntesis química. Procesos de combustión, fusión y corte. Aplicaciones para refrigeración. Extinción de incendios. Refrigeración de alimentos. Gas para envasado de alimentos. Congelación, refrigeración y transferencia de calor. Gas de inertización. Sistemas de inflado. Uso en laboratorio. Gas para laser. Favorece el crecimiento vegetal. Gas para presión en aplicaciones de sistemas de presión. Gas de proceso. Gas de purga. Refrigerante. Disolvente para extracción. Efectos especiales (entretenimiento). Gas Test. Consumo particular. Gas propelente. Gas de protección en la soldadura con gas.
Usos no recomendados	Los productos de calidad industrial o técnica no son adecuados para aplicaciones médicas y/o alimentarias ni para inhalación.

## 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Proveedor	
Abelló Linde, S. A.	teléfono: +34 93 4 76 74 00
Calle Bailén 105	
E-08009 Barcelona	

Correo electrónico: [customerservice@es.linde-gas.com](mailto:customerservice@es.linde-gas.com)

## 1.4 Teléfono de emergencia: +34 93 4 76 74 00

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Dióxido de carbono

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021714

Fecha de revisión: 08.03.2016

2/15

**SECCIÓN 2: Identificación de los peligros****2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla**

Clasificación con arreglo a la directiva 67/548/CEE o la directiva 1999/45/CE con sus modificaciones posteriores.

No clasificado

Clasificación de acuerdo con el reglamento (CE) No. 1272/2008 con sus modificaciones posteriores.

**Peligros Físicos**

Gases a presión

Gas líquido

H280: Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.

**2.2 Elementos de la Etiqueta**

Palabras de Advertencia: Atención

Indicación(es) de peligro: H280: Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.

**Consejos de Prudencia**

Prevención: Ninguno.

Respuesta: Ninguno.

Almacenamiento: P403: Almacenar en un lugar bien ventilado.

Eliminación: Ninguno.

**Información suplementaria en la etiqueta**

EIGA-As: Asfixiante en altas concentraciones.

**2.3 Otros peligros:**

El contacto con un líquido que está evaporándose puede causar quemaduras por frío o congelación de la piel.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Dióxido de carbono

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021714

Fecha de revisión: 08.03.2016

3/15

## SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

## 3.1 Sustancias

Determinación química	dióxido de carbono
Número de identificación - UE:	-
No. CAS:	124-38-9
N.º CE:	204-696-9
No. de registro REACH:	Los enumerados en Anexo IV/V del Reglamento n º 1907/2006/EC (REACH) están exentos de registro.
Pureza:	100% La pureza de la sustancia indicada en esta sección se utiliza únicamente con fines de clasificación y no representa la pureza real de la sustancia tal como se suministra, para conocer la cual debe consultarse otra documentación.
Nombre comercial:	Dióxido de carbono, Dióxido de carbono Sonda, Dióxido de carbono 4.5, Dióxido de carbono 5.3, Dióxido de carbono 4.0 Veriseq Research, Laserline dióxido de carbono 4.5, R744, R744 Sonda, Biogon C E290, Dióxido de carbono 3.0, Dióxido de carbono medicinal

## SECCIÓN 4: Primeros auxilios

**General:** A elevadas concentraciones puede causar asfixia. Los síntomas pueden incluir la pérdida de la consciencia o de la movilidad. La víctima no siente la asfixia. Retirar a la víctima a un área no contaminada llevando colocado el equipo de respiración autónoma. Mantener a la víctima caliente y en reposo. Llamar al doctor. Aplicar la respiración artificial si se para la respiración.

## 4.1 Descripción de los primeros auxilios

**Inhalación:** A elevadas concentraciones puede causar asfixia. Los síntomas pueden incluir la pérdida de la consciencia o de la movilidad. La víctima no siente la asfixia. Retirar a la víctima a un área no contaminada llevando colocado el equipo de respiración autónoma. Mantener a la víctima caliente y en reposo. Llamar al doctor. Aplicar la respiración artificial si se para la respiración. Concentraciones pequeñas de CO<sub>2</sub> provocan aumento de la frecuencia respiratoria y dolor de cabeza.

**Contacto con los ojos:** Enjuagar el ojo con agua inmediatamente. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando. Lavar abundantemente con agua al menos durante 15 minutos. Recibir asistencia médica de inmediato. Si la asistencia médica no está disponible de inmediato, lavar con abundante agua durante 15 minutos más.

**Contacto con la Piel:** El contacto con un líquido que está evaporándose puede causar quemaduras por frío o congelación de la piel.

**Ingestión:** La ingestión no está considerada como una vía potencial de exposición.

**4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados:** Parada respiratoria. El contacto con gas licuado puede causar lesiones (deterioro por congelación) debido a un enfriamiento rápido por evaporación.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Dióxido de carbono

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021714

Fecha de revisión: 08.03.2016

4/15

**4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente**

**Riesgos:** Parada respiratoria. El contacto con gas licuado puede causar lesiones (deterioro por congelación) debido a un enfriamiento rápido por evaporación.

**Tratamiento:** Descongelar las partes heladas con agua tibia. No frotar la zona afectada. Consultar a un médico inmediatamente.

**SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios**

**Riesgos Generales de Incendio:** El calor puede ocasionar explosión de los recipientes.

**5.1 Medios de extinción**

**Medios de extinción apropiados:** El material no se quemará. En caso de incendio en los alrededores: utilizar un agente de extinción apropiado.

**Medios de extinción no apropiados:** Ninguno.

**5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla:** Ninguno.

**Productos de combustión peligrosos:** Ninguno.

**5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios**

**Medidas especiales de lucha contra incendios:** En caso de incendio: Detener la fuga, si no hay peligro en hacerlo. Continuar vertiendo agua pulverizada desde un lugar protegido hasta que los contenedores permanezcan fríos. Use los extintores para contener el fuego. Aislar la fuente del fuego o dejar que se queme.

**Equipos de protección especial que debe llevar el personal de lucha contra incendios:** Los bomberos deben utilizar un equipo de protección estándar incluyendo chaqueta ignífuga, casco con careta, guantes, botas de goma, y, en espacios cerrados, equipo de respiración autónomo (SCBA, según sus siglas en inglés).  
Guía: EN 469: Ropa de protección contra incendios. Requisitos de funcionamiento para la ropa de protección contra incendios. EN 15090 Calzado para extinción de incendios. EN 659 Guantes de protección para extinción de incendios. EN 443 Cascos para la lucha contra incendios en edificios y otras estructuras. EN 137 Equipos de protección respiratoria - Dispositivos autónomos de circuito abierto de aire comprimido para aparato de respiración con máscara completa - requisitos, ensayos, marcado.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Dióxido de carbono

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021714

Fecha de revisión: 08.03.2016

5/15

**SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental**

- 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia: Evacuar la zona. Procure una ventilación adecuada. Prevenir la entrada en alcantarillas, sótanos, fosos de trabajo o cualquier lugar donde su acumulación pueda ser peligrosa. Utilizar equipos de respiración autónoma cuando entren en el área a menos que esté probado que la atmósfera es segura. EN 137 Equipos de protección respiratoria - Dispositivos autónomos de circuito abierto de aire comprimido para aparato de respiración con máscara completa - requisitos, ensayos, marcado.
- 6.2 Precauciones Relativas al Medio Ambiente: Impedir nuevos escapes o derrames de forma segura.
- 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza: Procure una ventilación adecuada.
- 6.4 Referencia a otras secciones: Ver también secciones 8 y 13.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Dióxido de carbono

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021714

Fecha de revisión: 08.03.2016

6/15

**SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento:****7.1 Precauciones para una manipulación segura:**

Los gases a presión únicamente deben ser manipulados por personas con experiencia y adecuadamente formadas. Utilizar sólo equipo específicamente apropiado para este producto y para su presión y temperatura de suministro. Consulte al proveedor sobre instrucciones de uso y manipulación. La sustancia debe ser manipulada de acuerdo a procedimientos de correcta higiene industrial y seguridad. Proteja los recipientes de daños físicos; no arrastrar, deslizar, rodar o tirar. No quite las etiquetas suministradas por el proveedor como identificación del contenido del recipiente. Cuando mueva los recipientes, incluso en distancias cortas, use un carro diseñado para el transporte de este tipo de recipientes. Asegurarse que los recipientes estén siempre en posición vertical y cerrar las válvulas cuando no se estén usando. Procure una ventilación adecuada. Debe prevenirse la filtración de agua al interior del recipiente. No permitir el retroceso hacia el interior del recipiente. Evitar la succión de agua, ácido y alcalino. Mantener el contenedor por debajo de 50°C, en un lugar bien ventilado. Cumpla con todos los reglamentos y requisitos legales locales sobre el almacenamiento de los recipientes. No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización. Almacenar conforme a las normativas locales/regionales/nacionales/internacionales. Nunca use una llama directa o equipos eléctricos para aumentar la presión del recipiente. No retire las protecciones de las válvulas y en caso de necesidad nunca antes que el recipiente esté situado en su ubicación definitiva y asegurado en una pared o banco de trabajo adecuado. Recipientes con válvulas dañadas deben ser devueltos inmediatamente al proveedor. Cierre la válvula del recipiente después de su uso, incluso cuando esté vacío o esté conectado a un equipo. Nunca debe intentar reparar o modificar las válvulas o equipos de seguridad de los recipientes. Vuelva a colocar todas las protecciones de las válvulas tan pronto como el recipiente haya sido desconectado de su equipo. Mantenga todas las válvulas limpias y libres de aceites, petróleos o agua. Si el usuario tiene alguna dificultad en operar la válvula del recipiente, paralizar su uso y contactar con el proveedor. Nunca intente traspasar gases de un recipiente a otro. Las protecciones de las válvulas deben estar en su lugar. La despresurización del dióxido de carbono líquido por debajo de aproximadamente 5 bar puede crear dióxido de carbono sólido que puede bloquear dispositivos de protección, tuberías y crear hielo seco en el interior de los contenedores. Los recipientes que contienen o han contenido sustancias inflamables o explosivas no deben ser inertizados con dióxido de carbono líquido.

**7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades:**

Los envases no deben ser almacenados en condiciones que puedan favorecer la corrosión del recipiente. Los recipientes deben ser revisados periódicamente para garantizar unas correctas condiciones de uso y la inexistencia de fugas. Las protecciones de las válvulas deben estar en su lugar. Almacene los recipientes en lugares libres de riesgo de incendio y lejos de fuentes de calor e ignición. Manténgase lejos de materias combustibles.

**7.3 Usos específicos finales:**

Ninguno.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Dióxido de carbono

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021714

Fecha de revisión: 08.03.2016

7/15

## SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

## 8.1 Parámetros de Control

## Valores Límite de Exposición Profesional

Determinación química	tipo	Valores Límite de Exposición		Fuente
dióxido de carbono	TWA	5.000 ppm	9.000 mg/m <sup>3</sup>	UE. Valores límite de exposición indicativos recogidos en las Directivas 91/322/CEE, 2000/39/CE, 2006/15/CE, 2009/161/UE (12 2009)
	VLA-ED	5.000 ppm	9.150 mg/m <sup>3</sup>	España. Límites de Exposición Ocupacional (2011)

## 8.2 Controles de la exposición

**Controles técnicos apropiados:** Utilizar sistema de permisos de trabajo (por ejemplo para actividades de mantenimiento). Asegurar la adecuada ventilación de aire. Deben usarse detectores de oxígeno cuando se puedan liberar gases asfixiantes. Asegure una ventilación adecuada, incluyendo una extracción local adecuada para que los límites de exposición profesional no se excedan. Los sistemas bajo presión deben ser regularmente revisados para detectar fugas. Utilice preferiblemente conexiones permanentes a prueba de fugas (por ejemplo, tuberías soldadas). Prohibido comer, beber y fumar durante la utilización del producto.

## Medidas de protección individual, tales como equipos de protección personal

**Información general:** Debe realizarse y documentarse la evaluación del riesgo en cada área de trabajo para evaluar los riesgos relacionados con el uso del producto y para seleccionar los equipos de protección individual correspondientes al riesgo. Se deben seguir las siguientes recomendaciones. Disponer de aparato de respiración autónomo para uso en caso de emergencia. Los equipos de protección individual para el cuerpo se deben seleccionar en base a las tareas a ejecutar y a los riesgos involucrados.

**Protección de los ojos/la cara:** Se deben usar gafas de seguridad, guantes de seguridad y pantalla de protección facial para evitar el riesgo de exposición por salpicadura de líquido. Use protección ocular, según la norma EN 166, cuando se utilicen gases.  
Guía: EN 166: Gafas de protección.

**Protección cutánea**  
**Protección de las Manos:** Use guantes de protección cuando manipule los recipientes.  
Guía: EN 388 Guantes de protección contra riesgos mecánicos.

**Protección corporal:** Ninguna medida en particular.

**Otros:** Use zapatos de seguridad cuando manipule los recipientes.  
Guía: EN ISO 20345 Equipo de protección individual - Calzado de seguridad.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Dióxido de carbono

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021714

Fecha de revisión: 08.03.2016

8/15

Protección respiratoria:	No requiere.
Peligros térmicos:	No hay medidas preventivas necesarias.
Medidas de higiene:	No son necesarias medidas de evaluación de riesgos más allá de la correcta manipulación de acuerdo a la higiene industrial y a los procedimientos de seguridad. Prohibido comer, beber y fumar durante la utilización del producto.
Controles de exposición medioambiental:	Para información sobre la eliminación, véase la sección 13.

## SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

## 9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

## Aspecto

Forma/estado:	Gas
Forma/Figura:	Gas líquido
Color:	Incoloro
Olor:	Inodoro
Olor, umbral:	La superación de límites por el olor es subjetiva e inadecuado para advertir del riesgo de sobrecarga.
pH:	3,2 - 3,7 El pH de las soluciones de CO <sub>2</sub> saturadas varía entre 3,7 a 101 kPa (1 atmósfera) y 3,2 a 2370 kPa (23,4 atmósferas)
Punto de fusión:	-56,6 °C
Punto ebullición:	-78,5 °C
Punto de sublimación:	-78,5 °C
Temperatura crítica (°C):	31,0 °C
Punto de inflamación:	No aplicable para gases y mezclas de gases
Velocidad de evaporación:	No aplicable para gases y mezclas de gases
Inflamabilidad (sólido, gas):	Gas no inflamable
Límite de inflamabilidad - superior (%):	no aplicable.
Límite de inflamabilidad - inferior (%):	no aplicable.
Presión de vapor:	45,1 bar (10 °C)
Densidad de vapor (aire=1):	1,522 (21 °C)
Densidad relativa:	1,512
Solubilidad(es)	
Solubilidad en agua:	2,900 mg/l (25 °C)
Coeficiente de reparto (n-octanol/agua):	0,83
Temperatura de autoignición:	no aplicable.
descomposición, temperatura de:	Desconocido.
Viscosidad	
Viscosidad cinemática:	No hay datos disponibles.
Viscosidad dinámica:	0,07 mPa.s (20 °C)

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Dióxido de carbono

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021714

Fecha de revisión: 08.03.2016

9/15

Propiedades explosivas: No corresponde.  
 Propiedades comburentes: no aplicable.

## 9.2 OTRA INFORMACIÓN:

El vapor es más pesado que el aire. Puede acumularse en espacios confinados, particularmente al nivel del suelo o en sótanos.

Peso molecular: 44,01 g/mol (CO<sub>2</sub>)

## SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad: No existen peligros de reacción distintos de los descritos en otras secciones.  
 10.2 Estabilidad Química: Estable en condiciones normales.  
 10.3 Posibilidad de Reacciones Peligrosas: Ninguno.  
 10.4 Condiciones que Deben Evitarse: Ninguno.  
 10.5 Materiales Incompatibles: No reactivo, en seco o mojado, con materiales comunes.  
 10.6 Productos de Descomposición Peligrosos: Bajo condiciones normales de uso y almacenamiento, no debe producirse descomposición en productos peligrosos.

## SECCIÓN 11: Información toxicológica

Información general: Altas concentraciones puede causar rápida insuficiencia respiratoria, incluso en concentraciones normales de oxígeno. Los síntomas pueden ser dolor de cabeza, náusea y vómitos, que pueden producir inconsciencia o incluso la muerte.

## 11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda - Ingestión  
 Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

Toxicidad aguda - Contacto dermal  
 Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

Toxicidad aguda - Inhalación  
 Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

Corrosión/Irritación Cutáneas  
 Producto A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Dióxido de carbono

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021714

Fecha de revisión: 08.03.2016

10/15

**Lesiones Oculares Graves/Irritación Ocular****Producto** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.**Sensibilización de la Piel o Respiratoria****Producto** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.**Mutagenicidad en Células Germinales****Producto** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.**Carcinogenicidad****Producto** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.**Toxicidad para la reproducción****Producto** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.**Toxicidad Sistémica Específica de Órganos Diana- Exposición Única****Producto** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.**Toxicidad Sistémica Específica de Órganos Diana- Exposiciones Repetidas****Producto** A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.**Peligro por Aspiración****Producto** No aplicable para gases y mezclas de gases.**SECCIÓN 12: Información ecológica****12.1 Toxicidad****Toxicidad aguda****Producto** Sin daños ecológicos causados por este producto.**12.2 Persistencia y Degradabilidad****Producto** No aplicable para gases y mezclas de gases.**12.3 Potencial de Bioacumulación****Producto** Se supone que el producto es biodegradable y no se supone que persista en el ambiente acuático durante períodos prolongados.**12.4 Movilidad en el Suelo****Producto** Debido a su alta volatilidad, el producto es poco probable que cause contaminación del suelo o del agua.**12.5 Resultados de la valoración****PBT y mPmB****Producto** No clasificada como PBT o vPBT.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Dióxido de carbono

Fecha de Emisión: 16.01.2013  
 Fecha de revisión: 08.03.2016

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021714  
 11/15

## 12.6 Otros Efectos Adversos:

## Potencial de calentamiento global

Potencial de calentamiento atmosférico: 1  
 Si se descarga en grandes cantidades, puede contribuir al efecto invernadero.

dióxido de carbono

ONU/IPCC. Potenciales de calentamiento global de los gases de efecto invernadero (cuarto informe de evaluación del cambio climático del IPCC, Tabla TS.2)  
 - Potencial de calentamiento atmosférico: 1 100 años

## SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

## 13.1 Métodos para el tratamiento de residuos

**Información general:** No descargar dentro de ningún lugar donde su acumulación pudiera ser peligrosa. Descargar a la atmósfera en un lugar bien ventilado.

**Métodos de eliminación:** Consulte el código de buenas prácticas de EIGA (Doc.30 "La eliminación de gases", descargable en <http://www.eiga.org>) para obtener más orientación sobre los métodos apropiados para la eliminación. Eliminación de la botella sólo a través del proveedor. Las actividades de descarga, tratamiento o eliminación pueden estar sujetas a leyes nacionales, estatales o locales

Códigos del Catálogo Europeo de Residuos

**Contenedor:** 16 05 05: Gases en recipientes a presión, distintos de los especificados en el código 16 05 04.

## SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

## ADR

14.1 Número ONU: UN 1013  
 14.2 Designación Oficial de Transporte de las Naciones Unidas: DIÓXIDO DE CARBONO  
 14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte  
 Clase: 2  
 Etiqueta(s): 2.2  
 No. de riesgo (ADR): 20  
 Código de restricciones en túneles: (C/E)  
 14.4 Grupo de Embalaje: -  
 14.5 Peligros para el medio ambiente: no aplicable  
 14.6 Precauciones particulares para los usuarios: -

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Dióxido de carbono

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021714

Fecha de revisión: 08.03.2016

12/15

## RID

14.1 Número ONU:	UN 1013
14.2 Designación Oficial de Transporte de las Naciones Unidas	DIÓXIDO DE CARBONO
14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte	
Clase:	2
Etiqueta(s):	2.2
14.4 Grupo de Embalaje:	-
14.5 Peligros para el medio ambiente:	no aplicable
14.6 Precauciones particulares para los usuarios:	-

## IMDG

14.1 Número ONU:	UN 1013
14.2 Designación Oficial de Transporte de las Naciones Unidas:	CARBON DIOXIDE
14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte	
Clase:	2.2
Etiqueta(s):	2.2
EmS No.:	F-C, S-V
14.3 Grupo de Embalaje:	-
14.5 Peligros para el medio ambiente:	no aplicable
14.6 Precauciones particulares para los usuarios:	-

## IATA

14.1 Número ONU:	UN 1013
14.2 Designación oficial de transporte:	Carbon dioxide
14.3 Clase(s) de Peligro para el Transporte:	
Clase:	2.2
Etiqueta(s):	2.2
14.4 Grupo de Embalaje:	-
14.5 Peligros para el medio ambiente:	no aplicable
14.6 Precauciones particulares para los usuarios:	-
OTRA INFORMACIÓN	
Transporte aéreo de pasajeros y mercancías:	Permitido.
únicamente avión de carga:	Permitido.

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC: no aplicable

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Dióxido de carbono

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021714

Fecha de revisión: 08.03.2016

13/15

**Identificación adicional:**

Evitar el transporte en los vehículos donde el espacio de la carga no esté separado del compartimiento del conductor. Asegurar que el conductor está enterado de los riesgos potenciales de la carga y que conoce que hacer en caso de un accidente o emergencia. Asegurar el recipiente de gas antes del transporte. Asegurarse que las válvulas de las botellas están cerradas y no fugan. Las protecciones de las válvulas deben estar en su lugar. Asegurar la adecuada ventilación de aire.

**SECCIÓN 15: Información reglamentaria****15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla:**

## Legislación de la UE

Directiva 96/61/CE relativa a la prevención y al control integrado de la contaminación (IPPC): Artículo 15, Inventario europeo de las principales emisiones y fuentes responsables (EPER):

Determinación química	No. CAS	Concentración
dióxido de carbono	124-38-9	100%

## Reglamentaciones nacionales

Directiva 89/391/CEE sobre la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo. Directiva 89/686/CEE sobre equipos de protección personal. Sólo los productos que cumplen con los reglamentos alimentarios (CE) N° 1333/2008 y (UE) N° 231/2012 y que están etiquetados como tales pueden ser utilizados como aditivos alimentarios.

Esta Ficha de Datos de Seguridad ha sido elaborada en cumplimiento del reglamento UE 453/2010.

**15.2 Evaluación de la seguridad química:**

No se ha realizado ninguna evaluación de la seguridad química.

**SECCIÓN 16: Otra información**

## Información sobre revisión:

No pertinente.

## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

## Dióxido de carbono

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021714

Fecha de revisión: 08.03.2016

14/15

**Principales referencias bibliográficas y las fuentes de datos:**

Se han utilizado diversas fuentes de datos en la elaboración de esta FDS. Esto incluye, no de forma exclusiva, lo siguiente:

Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (ATSDR) - Agencia para las sustancias tóxicas y registro de enfermedades (<http://www.atsdr.cdc.gov/>).

Agencia Europea de Productos Químicos: Guía para la elaboración de fichas de datos de seguridad.

Agencia Europea de Productos Químicos: Información sobre sustancias <http://apps.echa.europa.eu/registered/registered-sub.aspx#search>

European Industrial Gases Association (EIGA) Doc.169 Guía para la clasificación y etiquetado.

Programa Internacional sobre Seguridad Química (<http://www.inchem.org/>)

ISO 10156:2010 Gases y mezclas de gases - Determinación del potencial de inflamabilidad y de oxidación para la selección de válvulas de botellas.

Matheson Gas Data Book, 7ª edición.

National Institute for Standards and Technology (NIST) Standard Reference Database Number 69.

The ESIS (European chemical Substances Information System) platform of the former European Chemicals Bureau (ECB) ESIS (<http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/>).

The European Chemical Industry Council (CEFIC) ERICards.

United States of America's National Library of Medicine's toxicology data network TOXNET (<http://toxnet.nlm.nih.gov/index.html>).

Los valores umbral límite (TLV) de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH).

Información específica de la sustancia por parte de los proveedores.

Los detalles dados son ciertos y correctos en el momento de publicarse este documento.

**Enunciado de las frases R y H en los apartados 2 y 3**

H280 Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.

**Información sobre formación:**

Los usuarios de los aparatos de respiración deben ser entrenados. El riesgo de asfixia es a menudo despreciado y debe ser recalcado durante la formación de los operarios. Asegurarse que los operarios comprenden los riesgos.

**Clasificación de acuerdo con el reglamento (CE) No. 1272/2008 con sus modificaciones ulteriores.**

Press. Gas Liq. Gas, H280

**OTRA INFORMACIÓN:**

Antes de utilizar el producto en un nuevo proceso o experimento, debe llevarse a cabo un estudio completo de seguridad y de compatibilidad de los materiales. Asegurar la adecuada ventilación de aire. Asegúrese que se cumplen las normativas nacionales y locales. A pesar de que durante la preparación de este documento se ha tomado especial cuidado, no se acepta ninguna responsabilidad por las lesiones o los daños.

**Fecha de revisión:**

08.03.2016

**Exención de responsabilidad:**

Se proporciona esta información sin ninguna garantía. Se cree que la información es correcta. Esta información debe usarse para hacer una determinación independiente de los métodos para proteger a los trabajadores y el medio ambiente.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Dióxido de carbono

Fecha de Emisión: 16.01.2013

Versión: 2.1

No. FDS: 000010021714

Fecha de revisión: 08.03.2016

15/15

---

**ACROLEÍNA**

**ICSC: 0090**

Marzo 2001

CAS: 107-02-8      2-Propenal  
 RTECS: AS1050000      Acril aldehido  
 NU: 1092      2-Propen-1-al  
 CE Índice Anexo I: 605-008-00-3      CH<sub>2</sub>=CHCHO  
 CE / EINECS: 203-453-4      Masa molecular: 56.06



TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO</b>	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Ver Peligros Químicos.	Espuma resistente al alcohol, polvo, dióxido de carbono,
<b>EXPLOSIÓN</b>	Las mezclas vapor/aire son explosivas. Riesgo de incendio y explosión en mezcla con bases, ácidos u oxidantes fuertes.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Utilicenses herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.
<b>EXPOSICIÓN</b>		<b>¡HIGIENE ESTRICTA!</b>	<b>¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!</b>
<b>Inhalación</b>	Sensación de quemazón. Tos. Dificultad respiratoria. Jadeo. Dolor de garganta. Náuseas. Síntomas no inmediatos (véanse Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. Proporcionar asistencia médica.
<b>Piel</b>	Enrojecimiento. Dolor. Ampollas. Quemaduras cutáneas.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
<b>Ojos</b>	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras profundas graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
<b>Ingestión</b>	Sensación de quemazón. Convulsiones. Náuseas.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.
<b>DERRAMES Y FUGAS</b>		<b>ENVASADO Y ETIQUETADO</b>	
Evacuar la zona de peligro. Eliminar toda fuente de ignición. Consultar a un experto. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes tapados. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.		Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos. contaminante marino. Clasificación UE Símbolo: F, T+, N R: 11-24/25-26-34-50 S: 23-26-28-36/37/39-45-61 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 6.1 Riesgos Subsidiarios de las NU: 3 Grupo de Envasado NU: I	
<b>RESPUESTA DE EMERGENCIA</b>		<b>ALMACENAMIENTO</b>	
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-61S1092 Código NFPA: H 3; F 3; R 3;		A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes, bases fuertes, ácidos fuertes, alimentos y piensos. Mantener en lugar fresco. Ventilación a ras del suelo. Almacenar solamente si está estabilizado.	

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2005



## ACROLEÍNA

ICSC: 0090

## DATOS IMPORTANTES

**ESTADO FÍSICO; ASPECTO**

Líquido incoloro a amarillo, de olor acre.

**PELIGROS FÍSICOS**

El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante.

**PELIGROS QUÍMICOS**

La sustancia puede formar peróxidos explosivos. La sustancia puede polimerizar con peligro de incendio y explosión. Por calentamiento intenso se producen humos tóxicos. Reacciona con ácidos fuertes, bases fuertes y oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión.

**LÍMITES DE EXPOSICIÓN**

TLV: 0.1 ppm (Valor techo); (piel); A4 (no clasificable como cancerígeno humano) (ACGIH 2004).  
MAK: Cancerígeno: categoría 3B (DFG 2004).

**VÍAS DE EXPOSICIÓN**

La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor, a través de la piel y por ingestión.

**RIESGO DE INHALACIÓN**

Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.

**EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN**

Lacrimógeno. La sustancia irrita fuertemente los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La inhalación a altas concentraciones puede originar edema pulmonar (véanse Notas). Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.

## PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición: 53°C  
Punto de fusión: -88°C  
Densidad relativa (agua = 1): 0,8  
Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 20  
Presión de vapor, kPa a 20°C: 29  
Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1,9

Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1,2  
Punto de inflamación: -26 °C c.c.  
Temperatura de autoignición: 234°C  
Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 2,8-31  
Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0,9

## DATOS AMBIENTALES

La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos.

## NOTAS

Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. Debe considerarse la inmediata administración de un aerosol adecuado por un médico o persona por él autorizada. Estabilizadores o inhibidores añadidos pueden influir sobre las propiedades toxicológicas de esta sustancia; consultar a un experto. La alerta por el olor es insuficiente. El valor límite de exposición laboral aplicable no debe ser superado en ningún momento por la exposición en el trabajo. Antes de la destilación comprobar si existen peróxidos; en caso positivo eliminarlos. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en abril de 2005: ver Límites de exposición.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

VLA-EC: 0,1 ppm; 0,23 mg/m<sup>3</sup>

Notas: vía dérmica.

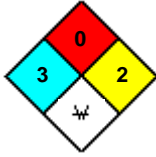
**NOTA LEGAL**

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

# HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

## ACIDO SULFURICO

Rótulo NFPA



Rótulos UN



Fecha Revisión: 27/12/2005

### SECCIÓN 1: PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

**Nombre del Producto:** ACIDO SULFURICO  
**Sinónimos:** Aceite de vitriolo, Acido para baterías, Sulfato de hidrógeno, Acido de decapado, Espíritus de Azufre, Acido electrolito, Sulfato de dihidrógeno  
**Fórmula:** H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
**Número interno:**  
**Número UN:** 1830 al 1832  
**Clase UN:** 8  
**Compañía que desarrolló la Hoja de Seguridad:** Esta hoja de datos de seguridad es el producto de la recopilación de información de diferentes bases de datos desarrolladas por entidades internacionales relacionadas con el tema. La alimentación de la información fue realizada por el Consejo Colombiano de Seguridad, Carrera 20 No. 39 - 62. Teléfono (571) 2886355. Fax: (571) 2884367. Bogotá, D.C. - Colombia.

**Teléfonos de Emergencia:**

### SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES

#### COMPONENTES

Componente	CAS	TWA	STEL	%
Acido Sulfurico	7664-93-9	0,2 mg/m3 como peso de la partícula toraxica. (ACGIH 2004)	N.R. (ACGIH 2004)	50-100

**Uso:** En la manufactura de fosfato y sulfato de amonio. Otros usos importantes incluye la producción de rayón y fibras textiles, pigmentos inorgánicos, explosivos, alcoholes, plásticos, tintas, drogas, detergentes sintéticos, caucho sintético y natural, pulpa, papel, celulosa y catalizadores. Es usado en la refinación del petróleo, acero y otros metales. En electroplateado y como reactivo de laboratorio.

### SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

#### VISIÓN GENERAL SOBRE LAS EMERGENCIAS:

Apariencia: Líquido aceitoso incoloro. Peligro. Corrosivo. Higróscopico. Reacciona con el agua. Puede ocasionar daños en riñones y pulmones, en ocasiones ocasionando la muerte. Causa efectos fetales de acuerdo a estudios con animales de laboratorio. Peligro de cancer. Puede ser fatal si se inhala. Ocasiona severas irritaciones en ojos, piel, tracto respiratorio y tracto digestivo con posibles quemaduras..

#### EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

**Inhalación:** Irritación, quemaduras, dificultad respiratoria, tos y sofocación. Altas concentraciones del vapor pueden producir ulceración de nariz y garganta, edema pulmonar, espasmos y hasta la muerte.  
**Ingestión:** Corrosivo. Quemaduras severas de boca y garganta, perforación del estómago y esófago, dificultad para comer, náuseas, sed, vómito con sangre y diarrea. En casos severos colapso y muerte. Durante la ingestión o el vómito se pueden broncoaspirar pequeñas cantidades de ácido que afecta los pulmones y ocasiona la muerte.  
**Piel:** Quemaduras severas, profundas y dolorosas. Si son extensas pueden llevar a la muerte ( shock circulatorio). Los daños dependen de la concentración de la solución de ácido sulfúrico y la

	duración de la exposición.
<b>Ojos:</b>	Es corrosivo y puede causar severa irritación (enrojecimiento, inflamación y dolor) Soluciones muy concentradas producen lesiones irreversibles, opacidad total de la córnea y perforación del globo ocular. Puede causar ceguera.
<b>Efectos crónicos:</b>	La repetida exposición a bajas concentraciones puede causar dermatitis. La exposición a altas concentraciones puede causar erosión dental y posibles trastornos respiratorios. El efecto crónico es la generación de cáncer.

## SECCIÓN 4: PROCEDIMIENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS

<b>Inhalación:</b>	Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Evitar el método boca a boca. Mantener la víctima abrigada y en reposo. Buscar atención médica inmediatamente.
<b>Ingestión:</b>	Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua para diluir el ácido. No inducir el vómito. Si éste se presenta en forma natural, suministre más agua. Buscar atención médica inmediatamente.
<b>Piel:</b>	Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica inmediatamente.
<b>Ojos:</b>	Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.
<b>Nota para los médicos:</b>	Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.

## SECCIÓN 5: MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO

<b>Punto de inflamación (°C):</b>	N.A.
<b>Temperatura de autoignición (°C):</b>	N.A.
<b>Limites de inflamabilidad (%V/V):</b>	N.A.
<b>Peligros de incendio y/o explosión:</b>	No es inflamable, ni combustible, pero diluido y al contacto con metales produce hidrógeno el cual es altamente inflamable y explosivo. Puede encender materias combustibles finamente divididas. Durante un incendio se pueden producir humos tóxicos e irritantes. Los contenedores pueden explotar durante un incendio si están expuestos al fuego o por contacto con el agua por la alta liberación de calor.
<b>Medios de extinción:</b>	Usar el agente de extinción según el tipo de incendio del alrededor. No use grandes corrientes de agua a presión. Use polvo químico seco, espuma tipo alcohol, dióxido de carbono.
<b>Productos de la combustión:</b>	Dióxido de azufre y trióxido de azufre los cuales son irritantes y tóxicos.
<b>Precauciones para evitar incendio y/o explosión:</b>	Mantener alejado de materiales combustibles finamente divididas y de metales. Evitar el contacto con agua porque genera calor. Mantener retirado de materiales incompatibles.
<b>Instrucciones para combatir el fuego:</b>	Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Si usa agua (agua en forma de rocío) para apagar el fuego del alrededor evitar que haga contacto con el ácido. Mantenerse a favor del viento. Si es posible, retirarlo del fuego.

## SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. Eliminar toda fuente de ignición. No tocar el material. Contener el derrame con diques hechos de arena, tierras diatomáceas, arcilla u otro material inerte para evitar que entre en alcantarillas, sótanos y corrientes de agua. No adicionar agua al ácido. Neutralizar lentamente, con ceniza de soda, cal u otra base. Después recoger los productos y depositar en contenedores con cierre hermético para su posterior

disposición.

## SECCIÓN 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

<b>Manejo:</b>	Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, ni comer en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en donde está el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente. Evitar la formación de vapores o neblinas de ácido. Cuando diluya adicione el ácido al agua lentamente. Nunca realice la operación contraria porque puede reaccionar violentamente.
<b>Almacenamiento:</b>	Lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor, ignición y de la acción directa de los rayos solares. Separar de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente. No almacenar en contenedores metálicos. No fumar porque puede haberse acumulado hidrógeno en tanques metálicos que contengan ácido. Evitar el deterioro de los contenedores. Mantenerlos cerrados cuando no están en uso. Almacenar las menores cantidades posibles. Los contenedores vacíos deben ser separados. Inspeccionar regularmente la bodega para detectar posibles fugas o corrosión. El almacenamiento debe estar retirado de áreas de trabajo. El piso debe ser sellado para evitar la absorción. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación deben ser resistentes a la corrosión. Disponer en el lugar de elementos para la atención de emergencias.

## SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCIÓN PERSONAL

<b>Controles de ingeniería:</b>	Ventilación local y general, para asegurar que la concentración no exceda los límites de exposición ocupacional. Control exhaustivo de las condiciones de proceso. Debe disponerse de duchas y estaciones lavaojos.
---------------------------------	---

### EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

<b>Protección de los ojos y rostro:</b>	Gafas de seguridad para químicos con protección lateral y protector facial completo si el contacto directo con el producto es posible.
<b>Protección de piel:</b>	Guantes, botas de caucho, ropa protectora de cloruro de polivinilo, nitrilo, butadieno, viton, neopreno/butilo, polietileno, teflón o caucho de butilo
<b>Protección respiratoria:</b>	Respirador con filtro para vapores ácidos.
<b>Protección en caso de emergencia:</b>	Respirador de acuerdo al nivel de exposición. Traje de caucho, nitrilo, butadieno, cloruro de polivinilo, polietileno, teflón, caucho de butilo, o vitón. En contracción no conocida use traje encapsulado.

## SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

<b>Apariencia, olor y estado físico:</b>	Líquido aceitoso incoloro o café. Inodoro, pero concentrado es sofocante e higroscópico.
<b>Gravedad específica (Agua=1):</b>	1.84(98%), 1.4(50%).
<b>Punto de ebullición (°C):</b>	274 (100%), 280(95%)
<b>Punto de fusión (°C):</b>	3 (98%); -64(65%).
<b>Densidad relativa del vapor (Aire=1):</b>	3.4
<b>Presión de vapor (mm Hg):</b>	Menor de 0.3 /25°C, 1.0 / 38°C
<b>Viscosidad (cp):</b>	21 / 25°C.
<b>pH:</b>	0.3 (Solución acuosa 1 N).
<b>Solubilidad:</b>	Soluble en agua y alcohol etílico (descompone en este último).

## SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

<b>Estabilidad química:</b>	Descompone a 340°C en trióxido de azufre y agua. El producto reacciona violentamente con el agua, salpicando y liberando calor.
<b>Condiciones a evitar:</b>	Calor, humedad, incompatibles.
<b>Incompatibilidad con otros materiales:</b>	Reacciona vigorosamente en contacto con el agua. Es incompatible además con Carburos, cloratos, fulminatos, metales en polvo, sodio, fósforo, acetona, ácido nítrico, nitratos, picratos, acetatos, materias orgánicas, acrilonitrilo, soluciones alcalinas, percloratos, permanganatos, acetiluros, epiclorhidrina, anilina, etilendiamina,

alcoholes con peróxido de hidrógeno, ácido clorosulfónico, ácido fluorhídrico, nitrometano, 4-nitrotolueno, óxido de fósforo, potasio, etilenglicol, isopreno, estireno.

**Productos de descomposición peligrosos:** Vapores Tóxicos de óxido de azufre cuando se calienta hasta la descomposición. Reacciona con el agua o vapor produciendo vapores tóxicos y corrosivos. Reacciona con carbonatos para generar gas dióxido de carbono y con cianuros y sulfuros para formar el venenoso gas cianuro de hidrógeno y sulfuro de hidrógeno respectivamente.

**Polimerización peligrosa:** No ocurre polimerización.

## SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Las propiedades toxicológicas son dadas para la sustancia pura.

DL50 (oral, ratas)= 2140 mg/Kg.

LC50 (inhalación, conejillo de indias) = 18 mg/m<sup>3</sup>.

LC50/2H (inhalación, rata) = 510 mg/m<sup>3</sup>.

LC50/2H (inhalación, ratón) = 320 mg/m<sup>3</sup>.

El producto (forma de neblina) se ha clasificado como : cancerígeno humano categoría 1 (IARC); sospechoso como cancerígeno humano, grupo A2 (ACGIH), carcinógeno OSHA. Se reportan efectos teratógenicos y mutagénicos en animales de laboratorio. Se considera un irritante primario. No existe información disponible sobre efectos neurotóxicos y reproductivos.

## SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Perjudicial para todo tipo de animales

Toxicidad acuática:

LC50/48H(agua aireada, camarón)=80-90ppm/48h. Condiciones de bioensayo no especificada. CL50/48H Camarón adulto, agua salada=42.5-48 ppm. Condiciones de bioensayo no especificadas. En el agua el producto se disuelve rápidamente, produciendo una disminución de la viscosidad, facilitando su difusión en cuerpos de agua. A pH 6 y pH menor a 5, aumenta la concentración de iones calcio (provenientes de rocas y suelos). El ácido sulfúrico reacciona con el calcio y magnesio presentes para producir sulfatos.

Es considerado tóxico para la vida acuática.

En el suelo el producto puede disolver algunos minerales como calcio y magnesio, deteriorando las características de estos.

En la atmósfera el producto puede removerse lentamente por deposición húmeda. En el aire puede ser removido por deposición en seco.

## SECCIÓN 13: CONSIDERACIONES DE DISPOSICIÓN

Neutralizar las sustancia con carbonato de sodio o cal apagada. Descargar los residuos de neutralización a la alcantarilla. Una alternativa de eliminación es considerar la técnica para cancerígenos, la cual consiste en hacer reaccionar dicromato de sodio con ácido sulfúrico concentrado (la reacción dura aproximadamente 1-2 días). Debe ser realizado por personal especializado. La incineración química en incinerador de doble cámara de combustión, con dispositivo para tratamiento de gases de chimenea es factible como alternativa para la eliminación del producto.

## SECCIÓN 14: INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

Etiqueta negra y blanca de sustancia corrosiva. No transporte con sustancias explosivas, sustancias que en contacto con agua pueden desprender gases inflamables, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos, ni alimentos. Grupo de empaque: II.

## SECCIÓN 15: INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

1. Ley 769/2002. Código Nacional de Tránsito Terrestre. Artículo 32: La carga de un vehículo debe estar debidamente empacada, rotulada, embalada y cubierta conforme a la normatividad técnica nacional.

2. Decreto 1609 del 31 de Julio de 2002, Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.

3. Ministerio de Transporte. Resolución número 3800 del 11 de diciembre de 1998. Por el cual se adopta el diseño y se establecen los mecanismos de distribución del formato único del manifiesto de carga.

4. Los residuos de esta sustancia están considerados en: Ministerio de Salud. Resolución 2309 de 1986, por la cual se hace necesario dictar normas especiales complementarias para la cumplida ejecución de las leyes que regulan los residuos sólidos y concretamente lo referente a residuos especiales.

5. Ministerio de Justicia. Ley 30 de 1986. Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Estupefacientes y se dictan otras disposiciones.

Ministerio de Justicia. Resolución 0009 del 18 de febrero de 1987. Consejo Nacional de Estupefacientes. Resolución No 0031 de junio 13 de 1991. Consejo Nacional de Estupefacientes. Resolución No 007 de 1992. Consejo Nacional de Estupefacientes. Resolución 0001 del 30 de enero de 1995 por el cual se adiciona la resolución 09 de 1987. Mediante las cuales se establecen regulaciones para aquellas sustancias que puedan utilizarse para el procesamiento de drogas que producen dependencia.

## **SECCIÓN 16: OTRAS INFORMACIONES**

La información relacionada con este producto puede no ser válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular

### **Bibliografía**

**SULFATO DE AMONIO (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O PREPARADO Y DE LA EMPRESA**

<b>Nombre Comercial</b>	:Sulfato de Amonio
<b>Sinónimos</b>	: Sulfato de amonio (2:1) , sulfato diamónico , sal diamónico
<b>Formula Química</b>	: (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
<b>Peso Molecular</b>	: 132,14 g/mol
<b>Uso</b>	: Fertilizante
<b>Identificación de la Empresa</b>	: Pontificia Universidad Javeriana www.javerianacali.edu.co
<b>Número Telefónico</b>	: PBX. (572) 321 8200 – 711: Emergencias Médicas 555: Servicios Generales

**2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS**

<b>Identificación de Riesgos</b>	SOLUCIÓN INCOLORA DE SULFATO DE AMONIO EN AGUA. Cuando se disuelve en el agua, genera una reacción ácida y es fuertemente corrosivo. Reacciona con bases fuertes con emisión de vapores de amoníaco. Ataca muchos metales. La sustancia ingresa al organismo por la vía inhalatoria e ingestiva. La sustancia irrita la piel y el tracto respiratorio
<b>Síntomas relacionados con la exposición</b>	
- Inhalación	: Ardor de garganta, tos, deficiencia respiratoria. Causa irritación en las vías respiratorias
- Contacto con los ojos	: Causa Inflamación, irritación, enrojecimiento y dolor.
- Contacto con la piel	: Causa Irritación, Inflamación, picazón, enrojecimiento y dolor.
- Ingestión	: Ardor de garganta, dolor estomacal, náusea. Causa irritación en las vías gastrointestinales, Causa vómito y diarrea.

**3. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES**

Nombre del Componente	Porcentaje p/p	C.A.S
Sulfato de Amonio	99% mín.	7783-20-2

**SULFATO DE AMONIO (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

**4. PRIMEROS AUXILIOS**

<b>Primeros Auxilios</b>	
<b>- Inhalación</b>	: Remover al aire fresco. Si no respira dar respiración artificial. Si respirar se le dificulta, dar oxígeno. Conseguir atención médica inmediatamente.
<b>- Contacto con los ojos</b>	: Inmediatamente lavar ojos con abundante agua por lo menos 15 minutos. Abrir y cerrar los párpados ocasionalmente. Conseguir atención médica inmediatamente..
<b>-Contacto con la piel</b>	: Lavar piel con abundante agua y jabón mientras se remueve la ropa contaminada. Conseguir atención médica. Lavar ropa antes de volver a usar. Lavar zapatos antes de volver a usar.
<b>-Ingestión</b>	: Inducir al vómito inmediatamente dirigido por personal médico. No dar cosas en la boca a una persona inconsciente. Conseguir atención médica.

**5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS**

<b>Tipo de inflamabilidad</b>	: No inflamable
<b>Productos peligrosos de la combustión</b>	:
<b>Prevención</b>	: Puede explotar si se mezclan con oxidantes, como el nitrato potásico, nitrito de potasio y clorato de potasio.
<b>Medios de extinción de incendios</b>	: Use cualquier medio apropiado para extinguir el fuego. Rociar agua para mantener fríos los contenedores expuestos al fuego.
<b>Protección en caso de incendio</b>	: Protección de la piel observando una distancia de seguridad
<b>Riesgos específicos</b>	: No Combustible

**6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL**


<b>Precauciones generales y Limpieza</b>	: Ventilar el área de la fuga o derrame. Mantenga a las personas innecesarias y sin protección fuera de la zona del derrame. Use el equipo apropiado de protección personal. Recoger y organizar el material derramado para reclamación o disposición.
<b>Precauciones para el medio ambiente</b>	

**SULFATO DE AMONIO (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

**7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO**

<b>General</b>	
<b>Medidas de protección técnicas</b>	
<b>Almacenamiento</b>	: Mantener en contenedores altamente sellados. Almacenar en un área fresca, seca y ventilada. Proteger contra daño físico. Despejar de sustancias incompatibles. Contenedores vacíos de este material pueden ser peligrosos, puesto que retienen residuos de productos (polvos, sólidos); observar toda precaución y advertencia listada para este producto.
<b>Manipulación</b>	: No coma, no beba, no fume mientras manipule este producto.

**8. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL**

<b>Protección personal</b>	
<b>- Protección de las vías respiratorias</b>	: Ventilación y/o protección respiratoria.
<b>- Protección de las manos y cuerpo</b>	: Guantes de látex desechables, bata de laboratorio
<b>- Protección para la piel</b>	: Utilizar ropa de trabajo adecuada que evite el contacto del producto
<b>- Protección para los ojos</b>	: Gafas químicas o gafas de seguridad. Mantener una ducha de emergencia visible y de fácil acceso al área de trabajo.
<b>- Ingestión</b>	: No comer, no beber y no fumar durante el trabajo.
<b>- Medidas de higiene particulares</b>	: sustituir la ropa contaminada y sumergir en agua. Lavar las manos al término del trabajo
<b>- Control de exposición</b>	:
<b>- Parámetros de Exposición</b>	
<b>- TLV-TWA (ppm) (mgr/m<sup>3</sup>):</b>	: N.D
<b>- TLV-STEL (ppm) (mgr/m<sup>3</sup>):</b>	: N.D.
<b>- TLV-C (ppm):</b>	: N.D.

**9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**

<b>Estado físico a 20°C</b>	: Sólido
<b>Color</b>	: Gránulos finos, blancos o cristales.
<b>Olor</b>	: Ligero olor a amoníaco.
<b>Punto de fusión [°C]</b>	: 235-280 °C

**SULFATO DE AMONIO (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

<b>Punto de ebullición [°C]</b>	: N.A
<b>pH</b>	: 5,5 (0,1 M de solución acuosa)
<b>Densidad</b>	: 1,769 g / cm <sup>3</sup> (20 ° C)
<b>Solubilidad en agua</b>	: 70.6 g/100 mL (0 °C) 70,6 g/100 ml (0 ° C) 74.4 g/100 mL (20 °C) 74,4 g/100 ml (20 ° C) 103.8 g/100 mL (100 °C) <sup>[1]</sup> 103,8 g/100 ml (100 ° C)
<b>Limites de explosión - Inferior [%]</b>	: N.A.
<b>Limites de explosión - Superior [%]</b>	: N.A.
<b>Peso Molecular</b>	: <b>132,14 g/mol</b>

**10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD**

<b>Estabilidad y reactividad</b>	: Estable e condiciones normales de manipulación y almacenamiento. Mantener a temperaturas inferiores a 513°C.
<b>Productos de descomposición</b>	: Puede emitir amoniaco, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y óxidos de carbono.
<b>Incompatibilidades :</b>	: Hipoclorito de sodio, potasio + nitrato de amonio, clorato de potasio, polvo de sodio-potasio + nitrato de amonio y otros oxidantes fuertes.
<b>Condiciones a evitar</b>	: El Calor y el contacto con materiales incompatibles.

**11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA**

<b>Toxicidad</b>	<b>Oral LD50 rata:</b> 2840 mg / kg El producto en sí mismo y sus productos de degradación no son tóxicos bajo condiciones normales de uso. Liberará iones de amonio. El amoníaco es un riesgo tóxico para los peces. Puede ser dañino para el ganado y la fauna si es ingerido. Limpiar todo el material derramado, especialmente donde se produce la carga de fertilizantes
<b>Sensibilidad al producto</b>	

**12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA**

<b>Información sobre efectos ecológicos</b>	<b>Toxicidad Ambiental</b> No persistente. No acumulativo cuando se utilizan prácticas normales de agricultura para su aplicación. El producto por sí mismo y los productos de su descomposición no son perjudiciales bajo condiciones normales de cuidado y uso responsable.
---	--

**SULFATO DE AMONIO (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

Toxicidad acuática/marina: Se dispersará con la corriente. La descarga hacia cursos de agua pueden ocasionar efectos aguas abajo del punto de descarga. Se liberarán iones de amonio. El amoníaco representa un riesgo tóxico para los peces. Evitar derrames o descargas hacia cursos de agua. Este material no está listado como un contaminante marino.

**13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN**

**General**

No puede ser almacenado para recuperarlo o reciclarlo, debe ser manejado en un sitio apropiado y aprobado por las autoridades ambientales. Procesamiento, uso o contaminación de este producto puede cambiar las opciones de manejo de desperdicio. Disponer de contenedores y contenidos no usados de acuerdo con los requerimientos locales.

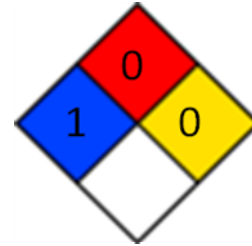
**14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE**

Transporte terrestre (ADR/TPC - RID/TPF)	No está clasificado como mercancía peligrosa
- Denominación para el transporte	SULFATO DE AMONIO
- N° ONU	
- N° Riesgo	
- ADR - Clase	
- Etiquetado según ADR	
- ADR - División	
- ADR - Grupo	
- Cantidad limitada ADR	
Transporte marítimo (IMDG)	
- Denominación para el transporte	
- N° ONU	
- IMO-IMDG - Clase	
- IMO-IMDG - Etiqueta	
- IMO-IMDG - Grupo	
- EmS N°	

**SULFATO DE AMONIO  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$**

**15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA**

-Símbolos  
-Clasificación según la norma NFPA 704



**16. OTRA INFORMACIÓN**

Información adicional : Ninguno/a.

Fin del Documento

# Fichas Internacionales de Seguridad Química

## 1,1 DIETOXIETANO

ICSC: 1070



Dietilacetil  
 Acetaldeido dietil acetal  
 Acetal  
 $C_6H_{14}O_2$   
 Masa molecular: 118.20

Nº ICSC 1070  
 Nº CAS 105-57-7  
 Nº RTECS AB2800000  
 Nº NU 1088  
 Nº CE 605-015-00-1



TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO</b>	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
<b>EXPLOSION</b>	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
<b>EXPOSICION</b>			
• <b>INHALACION</b>	Tos. vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas. Dolor de garganta.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
• <b>PIEL</b>	Enrojecimiento.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
• <b>OJOS</b>	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas de protección de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
• <b>INGESTION</b>	Diarrea. Náuseas. Vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	NO provocar el vómito. Dar a beber agua abundante. Proporcionar asistencia médica.

**DERRAMES Y FUGAS**

**ALMACENAMIENTO**

**ENVASADO Y ETIQUETADO**

Eliminar toda fuente de ignición. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes tapados. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. (Protección personal complementaria: Filtro respiratorio para vapores orgánicos y gases.)

A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes, Mantener en lugar fresco. Mantener en la oscuridad. Bien cerrado. Almacenar solamente si está estabilizado.

Hermético.  
 NU (transporte): Ver pictogramas en cabecera.  
 Clasificación de Peligros NU: 3  
 Grupo de Envasado NU: II  
 CE:  
 símbolo F  
 símbolo Xi  
 R: 11-36/38  
 S: 2-9-16-33



VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

ICSC: 1070

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2003

## Fichas Internacionales de Seguridad Química

### 1,1 DIETOXIETANO

ICSC: 1070

D  
A  
T  
O  
S  
I  
M  
P  
O  
R  
T  
A  
N  
T  
E  
S

**ESTADO FISICO: ASPECTO:**

Líquido incoloro, de olor acre.

**PELIGROS FISICOS:**

El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante.

**PELIGROS QUIMICOS:**

La sustancia puede formar peróxidos explosivos bajo la influencia de luz y aire. La sustancia puede polimerizar. Reacciona violentamente con oxidantes, originando peligro de incendio y explosión.

**LIMITES DE EXPOSICION:**

TLV no establecido.  
 MAK no establecido.

**VIAS DE EXPOSICION:**

La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y por ingestión.

**RIESGO DE INHALACION:**

No puede indicarse la velocidad a la que se alcanza una concentración nociva en el aire por evaporación de esta sustancia a 20°C.

**EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION:**

La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La exposición puede producir disminución del estado de alerta.

**PROPIEDADES FISICAS**

Punto de ebullición: 103°C  
 Punto de fusión: -100°C  
 Densidad relativa (agua = 1): 0.83  
 Solubilidad en agua, g/100 ml: 5.0  
 Presión de vapor, kPa a 20°C: 2.7  
 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 4.1

Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.08  
 Punto de inflamación: -21 °C c.c.  
 Temperatura de autoignición: 230°C  
 Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.6-10.4  
 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0.84

**DATOS AMBIENTALES**

**NOTAS**

Estabilizadores o inhibidores añadidos pueden influir sobre las propiedades toxicológicas de esta sustancia; consultar a un experto. Antes de la destilación comprobar si existen peróxidos; en caso positivo eliminarlos.

Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1088  
 Código NFPA: H 0; F 3; R 0;

### INFORMACION ADICIONAL

Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: <http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm>

Última revisión IPCS: 2003

Traducción al español y actualización de valores límite y etiquetado: 2003

**ICSC: 1070**

**1,1 DIETOXIETANO**

© CE, IPCS, 2003

#### **NOTA LEGAL IMPORTANTE:**

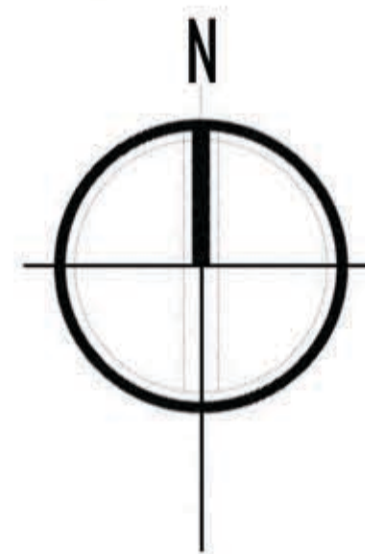
Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

# **DOCUMENTO II**

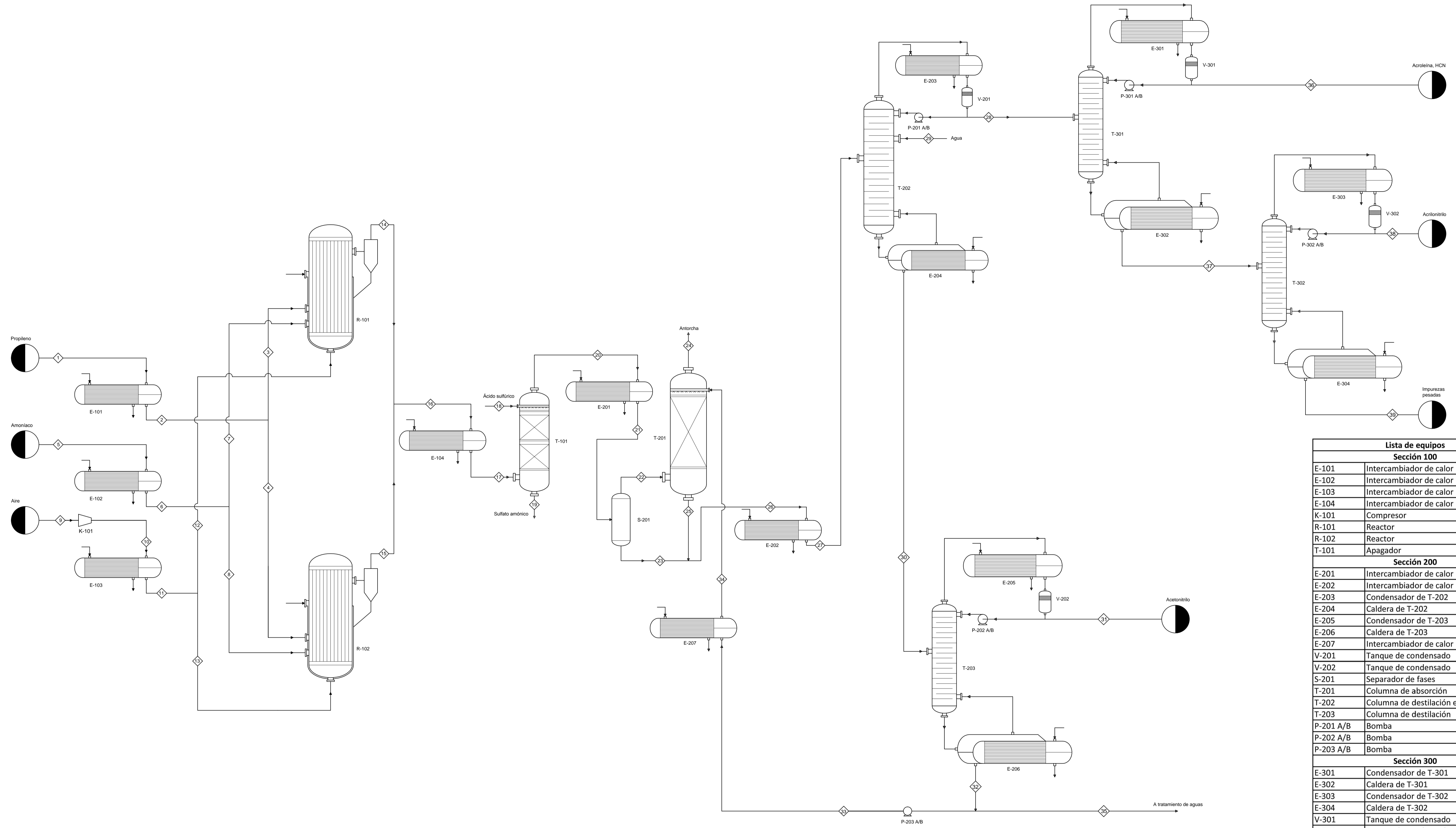
Planos

## ÍNDICE

1. Plano de emplazamiento
2. Diagrama de flujo
3. Diagrama de instrumentación y control
4. Plano de implantación



 Universidad de Santiago de Compostela Escola Técnica Superior de Enxeñaría			
Título del proyecto: <b>Planta de producción de acrilonitrilo</b>			
Autor del proyecto: <b>Andrea Fernández Vega</b>		Título del plano: <b>Plano de emplazamiento</b>	
Firma:	Fecha: <b>Julio 2016</b>	Escala:	Nº de plano: <b>1</b>



Lista de equipos	
Sección 100	
E-101	Intercambiador de calor
E-102	Intercambiador de calor
E-103	Intercambiador de calor
E-104	Intercambiador de calor
K-101	Compresor
R-101	Reactor
R-102	Reactor
T-101	Apagador
Sección 200	
E-201	Intercambiador de calor
E-202	Intercambiador de calor
E-203	Condensador de T-202
E-204	Caldera de T-202
E-205	Condensador de T-203
E-206	Caldera de T-203
E-207	Intercambiador de calor
V-201	Tanque de condensado
V-202	Tanque de condensado
S-201	Separador de fases
T-201	Columna de absorción
T-202	Columna de destilación extractiva
T-203	Columna de destilación
P-201 A/B	Bomba
P-202 A/B	Bomba
P-203 A/B	Bomba
Sección 300	
E-301	Condensador de T-301
E-302	Caldera de T-301
E-303	Condensador de T-302
E-304	Caldera de T-302
V-301	Tanque de condensado
V-302	Tanque de condensado
T-301	Columna de destilación
T-302	Columna de destilación
P-301 A/B	Bomba
P-302 A/B	Bomba

Corrientes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		
Flujo másico (kg/h)																																									
Propeno	3485,59	3485,59	1742,80	1742,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34,17	34,17	68,34	68,34	-	-	68,34	68,34	68,34	-	68,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Amoníaco	-	-	-	-	1653,67	1653,67	826,84	826,84	-	-	-	-	-	56,53	56,53	113,06	113,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Nitrógeno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5447,40	5447,40	5447,40	2723,70	2723,70	654,39	654,39	1308,77	1308,77	-	-	1308,77	1308,77	1308,77	-	1306,16	2,62	2,62	2,62	2,62	-	-	-	-	-	-	-	-	2,62	-	-	
Agua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17931,01	17931,01	17931,01	8965,51	8965,51	8965,51	17931,01	17931,01	-	-	17931,01	17931,01	17931,01	-	17915,08	17,93	17,93	17,93	17,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,93	-	-
Acetonitrilo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Acido sulfúrico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sulfato amónico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Impurezas pesadas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL	3485,59	3485,59	1742,80	1742,80	1653,67	1653,67	826,84	826,84	23378,41	23378,41	23378,41	11689,20	11689,20	14258,84	14258,84	28517,67	28517,67	492,16	678,39	28331,45	28331,45	24112,43	4219,02	19784,91	30132,64	34351,66	34351,66	6587,14	15780,98	43545,50	373,30	43172,20	25805,12	25805,12	17367,08	463,97	6123,17	3840,85	2282,32		
Propiedades																																									
Temperatura (°C)	35,0	150,0	150,0	150,0	35,0	150,0	150,0	150,0	25,0	80,0	150,0	150,0	150,0	480,0	480,0	480,0	200,2	25,0	100,4	100,4	20,0	20,0	20,0	8,0	25,0	22,0	80,0	58,0	75,6	81,0	69,0	97,0	97,0	9,0	97,0	40,0	77,0	73,0	88,0		
Presión (atm)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	0,9	1,0	1,0	1,0	



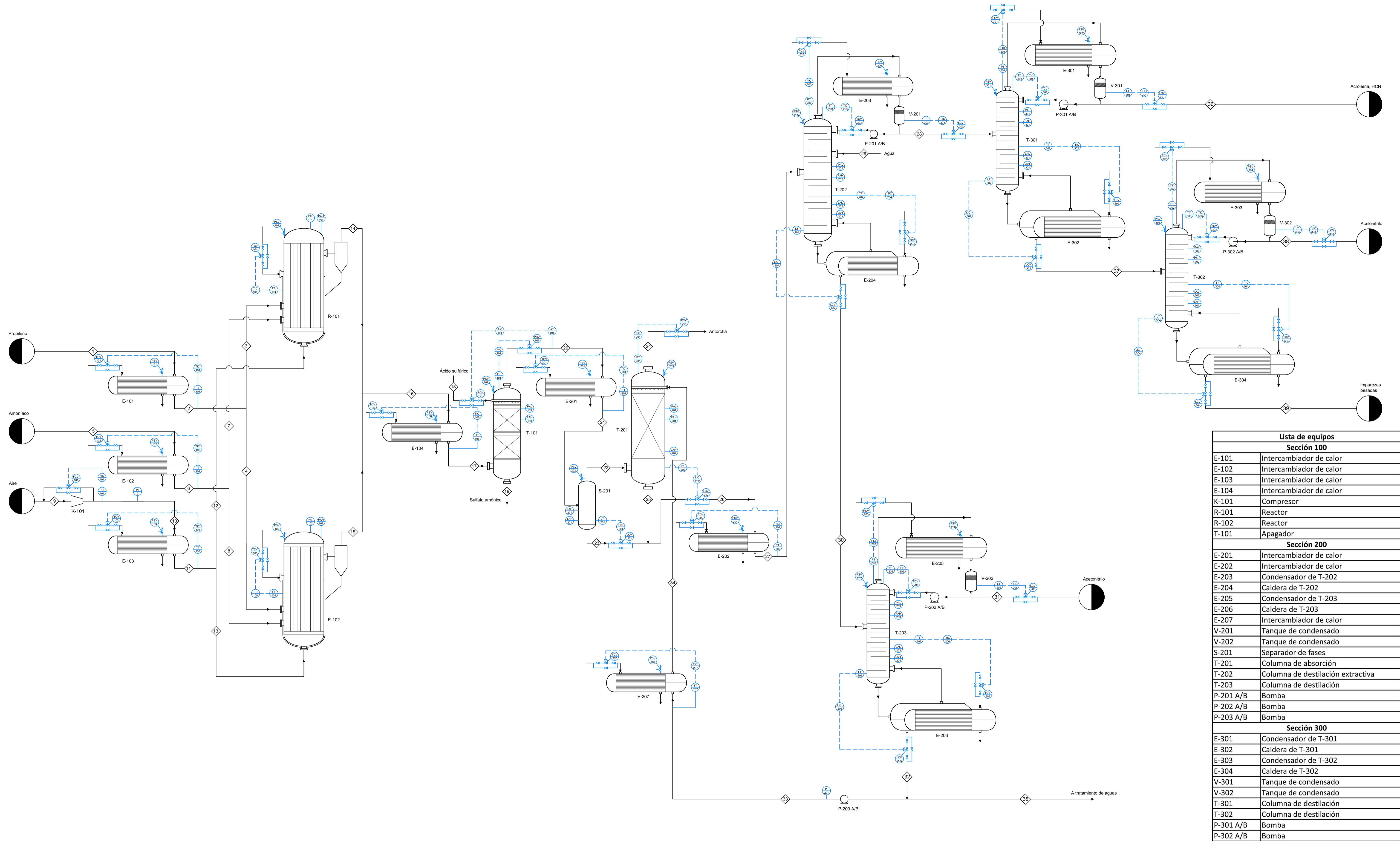
Universidad de Santiago de Compostela  
Escola Técnica Superior de Enxeñaría



Título del proyecto: **Planta de producción de acrilonitrilo**

Autor del proyecto: **Andrea Fernández Vega**      Título del plano: **Diagrama de flujo**

Firma: \_\_\_\_\_      Fecha: **Julio 2016**      Escala: **S/E**      Nº de plano: **2**



Lista de equipos	
Sección 100	
E-101	Intercambiador de calor
E-102	Intercambiador de calor
E-103	Intercambiador de calor
E-104	Intercambiador de calor
K-101	Compresor
R-101	Reactor
R-102	Reactor
T-101	Apagador
Sección 200	
E-201	Intercambiador de calor
E-202	Intercambiador de calor
E-203	Condensador de T-202
E-204	Caldera de T-202
E-205	Condensador de T-203
E-206	Caldera de T-203
E-207	Intercambiador de calor
V-201	Tanque de condensado
V-202	Tanque de condensado
S-201	Separador de fases
T-201	Columna de absorción
T-202	Columna de destilación extractiva
T-203	Columna de destilación
P-201 A/B	Bomba
P-202 A/B	Bomba
P-203 A/B	Bomba
Sección 300	
E-301	Condensador de T-301
E-302	Caldera de T-301
E-303	Condensador de T-302
E-304	Caldera de T-302
V-301	Tanque de condensado
V-302	Tanque de condensado
T-301	Columna de destilación
T-302	Columna de destilación
P-301 A/B	Bomba
P-302 A/B	Bomba

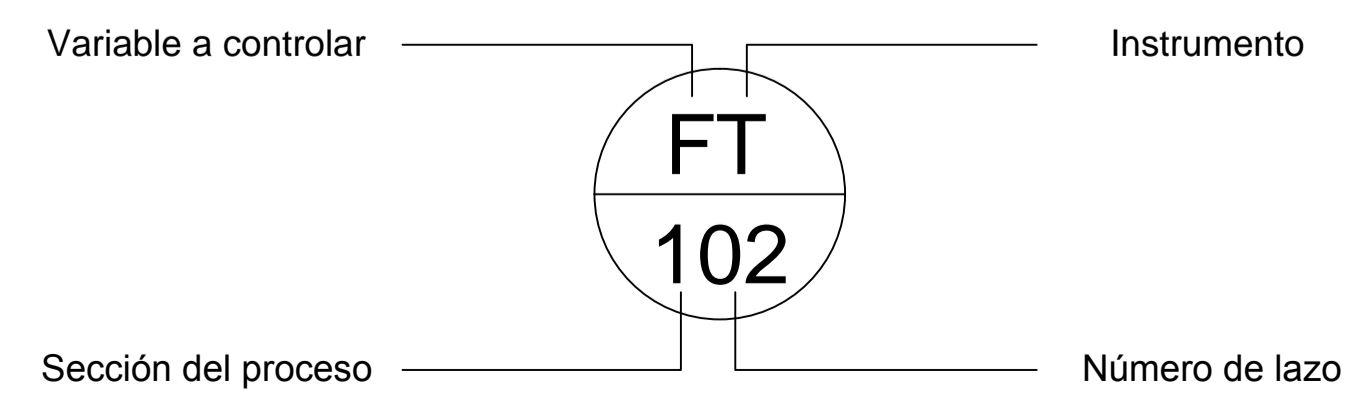
**Simbología de líneas y válvulas**

Línea de proceso ———

Línea de señal - - - - -

Válvula de corte  $\Sigma$

Válvula de control  $\Sigma$



**Primera letra:**

T: Temperatura

P: Presión

L: Nivel

F: Caudal

A: Composición

**Segunda letra y siguientes:**

T: Transmisor

C: Controlador

I: Indicador

A: Alarma

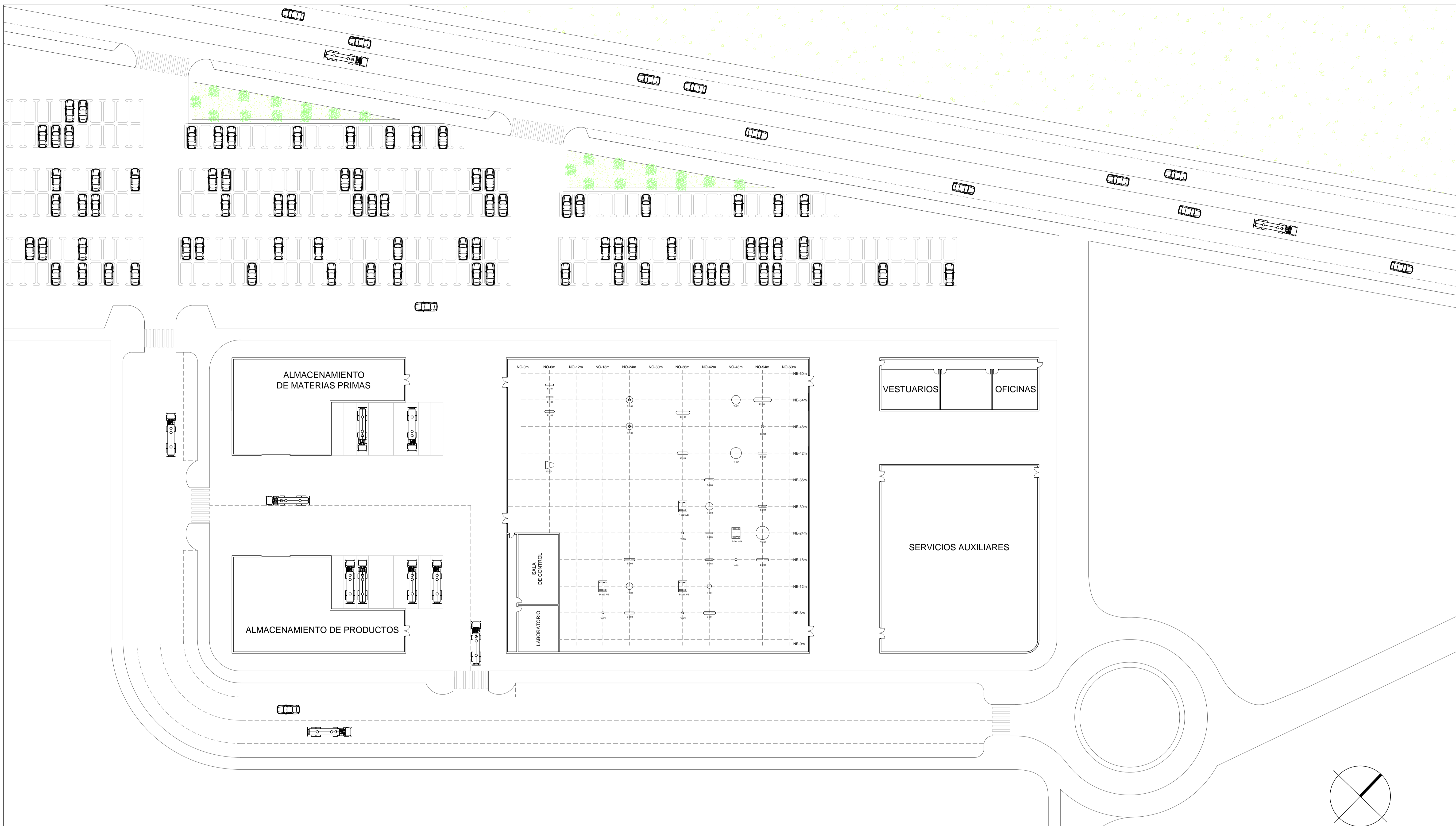
L: Bajo

H: Alto

CV: Válvula de control

SV: Válvula de seguridad

 Universidad de Santiago de Compostela Escola Técnica Superior de Enxeñaría			
Título del proyecto: Planta de producción de acrilonitrilo			
Autor del proyecto: Andrea Fernández Vega		Título del plano: Diagrama de control e instrumentación	
Firma:	Fecha: Julio 2016	Escala: S/E	Nº de plano: 3



Lista de equipos

Sección 100		Sección 200			Sección 300				
E-101	Intercambiador de calor	E-201	Intercambiador de calor	V-202	Tanque de condensado	E-301	Condensador de T-301	V-302	Tanque de condensado
E-102	Intercambiador de calor	E-202	Intercambiador de calor	S-201	Separador de fases	E-302	Caldera de T-301	T-301	Columna de destilación
E-103	Intercambiador de calor	E-203	Condensador de T-202	T-201	Columna de absorción	E-303	Condensador de T-302	T-302	Columna de destilación
E-104	Intercambiador de calor	E-204	Caldera de T-202	T-202	Columna de destilación extractiva	E-304	Caldera de T-302	P-301 A/B	Bomba
K-101	Compresor	E-205	Condensador de T-203	T-203	Columna de destilación	V-301	Tanque de condensado	P-302 A/B	Bomba
R-101	Reactor	E-206	Caldera de T-203	P-201 A/B	Bomba				
R-102	Reactor	E-207	Intercambiador de calor	P-202 A/B	Bomba				
T-101	Apagador	V-201	Tanque de condensado	P-203 A/B	Bomba				


 Universidad de Santiago de Compostela  
 Escola Técnica Superior de Enxeñaría



Título del proyecto: **Planta de producción de acrilonitrilo**

Autor del proyecto: **Andrea Fernández Vega**

Título del plano: **Implantación**

Firma: \_\_\_\_\_ Fecha: **Julio 2016** Escala: **1:400** Nº de plano: **4**

# **DOCUMENTO III**

Pliego de condiciones

# Pliego de condiciones generales

## ÍNDICE

1. DISPOSICIONES GENERALES .....	6
1.1. Objeto.....	6
1.2. Concurso .....	6
1.3. Contrato.....	7
1.4. Programa .....	9
1.5. Estudios y documentación técnica .....	10
1.6. Pliegos, Instrucciones y Normas aplicables .....	12
2. CALIDAD DE LOS MATERIALES .....	15
2.1. Materiales en general .....	15
2.2. Aceros .....	15
2.3. Resto de los materiales.....	15
3. NORMAS DE CÁLCULO .....	16
4. DISPOSICIONES GENERALES DE LAS OBRAS .....	17
4.1. Replanteo de la obra.....	17
4.2. Plazo de ejecución.....	17
4.3. Mano de obra .....	17
4.4. Mejoras y variaciones en el proyecto.....	19
4.5. Contradicciones, omisiones o errores en los documentos.....	19
4.6. Trabajos defectuosos o no autorizados .....	20
4.7. Suspensión de las obras.....	21
4.8. Seguros.....	22
5. ENSAYOS, PRUEBAS Y PROTECCIONES .....	23
5.1. Ensayos en taller .....	23
5.2. Presentación en taller .....	23
5.3. Protección contra la corrosión.....	23
5.3.1. Intercambiadores de calor .....	24
5.3.2. Tuberías.....	25
5.3.3. Columnas y depósitos de presión.....	26
5.3.4. Bombas.....	26

<b>6. FABRICACIÓN, MONTAJE, RECEPCIÓN Y GARANTÍAS .....</b>	<b>27</b>
6.1. Inspección fabril.....	27
6.2. Montaje e inspección.....	27
6.3. Controles .....	28
6.3.1. Intercambiadores de calor .....	28
6.3.2. Tuberías.....	29
6.3.3. Columnas y depósitos a presión.....	29
6.3.4. Bombas.....	29
6.3.5. Prueba hidráulica en taller.....	30
6.4. Acta de fin de montaje .....	30
6.5. Ajustes, ensayos y servicio experimental.....	30
6.6. Recepción provisional.....	30
6.7. Período de garantía.....	31
6.8. Recepción definitiva .....	32
<b>7. ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y SEGUROS .....</b>	<b>33</b>
7.1. Almacenamiento .....	33
7.2. Transporte .....	33
7.3. Seguros de transporte.....	34
7.4. Importación de materiales y equipos.....	34
<b>8. ORGANIZACIÓN DE LAS OBRAS.....</b>	<b>35</b>
8.1. Dirección de las obras y representación del adjudicatario .....	35
8.2. Terrenos para la ejecución de las obras.....	36
8.3. Instalaciones auxiliares .....	37
8.4. Relación entre la Propiedad y el Adjudicatario.....	38
8.5. Subcontratación de obras .....	39
8.6. Personal del montaje .....	40
8.7. Seguros y asistencia médica.....	41
<b>9. ABONO DE LAS OBRAS .....</b>	<b>42</b>
9.1. Definición de precios .....	42
9.2. Prestaciones accesorias y trabajos por admisión.....	42
9.3. Trabajos no previstos .....	44

### Documento III. Pliego de condiciones

9.4. Revisión de precios .....	44
9.5. Condiciones de pago .....	46
9.6. Penalizaciones .....	46
9.7. Indemnización a favor del Adjudicatario .....	47
9.8. Rescisión del contrato .....	48
9.9. Legislación .....	50

## **1. DISPOSICIONES GENERALES**

### **1.1. Objeto**

El presente Pliego de Condiciones constituye el conjunto de instrucciones, normas, prescripciones y especificaciones que, junto con lo indicado en la Memoria, Planos y Presupuestos, definen todos los requisitos a cumplir por las obras de la planta de producción de acrilonitrilo.

Los documentos adjuntos contienen, además de la descripción general de las obras, las condiciones que han de cumplir los materiales y las instrucciones para la ejecución, medición y abono de las unidades de dichas obras, siendo por tanto la norma y guía que ha de seguir en todo momento el Adjudicatario.

### **1.2. Concurso**

Constituyen objeto de concurso restringido las empresas que la Propiedad juzgue oportuno invitar, el suministro de los equipos, materiales y servicios definidos en este Pliego y documentación complementaria.

La propiedad se reserva el derecho a introducir modificaciones de detalle o a exigir la prestación de servicios o suministros suplementarios que el Adjudicatario pueda prestar o realizar.

El Adjudicatario podrá proponer modificaciones de las especificaciones del suministro, debiendo hacerlo siempre que, por efecto de utilización de patentes o por otras razones, lo juzgue técnica y económicamente aconsejable.

Las especificaciones y las descripciones del suministro no son limitativas, debiendo el Adjudicatario facilitar todos los datos e información que estime indispensables para conseguir plenamente los fines del contrato. El Adjudicatario dará preferencia, en igualdad de condiciones, a materiales y servicios de origen español.

Los Concursantes deberán presentar un Cuadro de Precios Unitarios. Presentarán, asimismo, los presupuestos parciales y general correspondientes, una descripción de la organización de sus trabajos en la que se encuentre incluida la relación del personal técnico que tendrá a su cargo durante la realización de las obras, y una lista detallada de la maquinaria o medios a utilizar, con sus requerimientos y sus capacidades, para cumplir los plazos establecidos. Del mismo modo, indicará las fechas límites en que se debe recibir de la Propiedad la información complementaria necesaria para poder desarrollar sus trabajos de acuerdo con el plan de obra previsto.

Se considerará como documento fundamental para la adjudicación del concurso el Cuadro de Precios presentado. Los errores que pudieran haberse cometido en los

presupuestos serán subsanados por la Propiedad o su representante legal, al estudiar las ofertas a partir de los datos del citado cuadro y de las mediciones del Anteproyecto.

Los precios unitarios se considerarán actualizados hasta la fecha de presentación de la oferta que se indica en la carta de invitación. Las actualizaciones a fechas posteriores se harán de acuerdo con lo que figura en el epígrafe “Revisión de precios” del presente Pliego de Condiciones.

En los precios unitarios deberá estar incluida la parte proporcional de los gastos generales, instalaciones, beneficios, etc., y todos los posibles gastos directos o indirectos relacionados con ellos.

No se considerará válida ninguna oferta que se presente fuera del plazo de validez indicado en la carta de invitación o que no conste en todos los documentos que se señalen en los apartados del presente Pliego.

La Propiedad pasará notificación del resultado del concurso a los diferentes Concursantes. Si el Concursante no recibiese esta comunicación en el plazo también señalado en la carta de invitación, puede notificar a la propiedad su renuncia al concurso.

La Propiedad comunicará al Adjudicatario la concesión de los trabajos objeto del concurso. La fecha de comienzo de los mismos será la que figure en el programa de trabajo.

Durante el período comprendido entre la adjudicación y la fecha de iniciación de los trabajos se formalizará entre la Propiedad y el Adjudicatario el contrato correspondiente.

### **1.3. Contrato**

El Adjudicatario estará obligado al cumplimiento de la reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación del seguro obligatorio, subsidio familiar o de vejez, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes en el momento de la ejecución de obras.

Serán por cuenta del Adjudicatario los gastos fiscales y todo tipo de gastos a que dé lugar la formalización del contrato.

Cualquiera de las dos partes que intervienen en el contrato puede solicitar la elevación a escritura pública del convenio de adjudicación, corriendo en este caso los gastos que origine dicha elevación por cuenta de la parte peticionaria.

### Documento III. Pliego de condiciones

El Adjudicatario es el único responsable por la totalidad del suministro y servicios que se indican en el contrato, en estricto cumplimiento de las disposiciones contractuales de las buenas normas de la técnica. Esta responsabilidad implica que serán de su cuenta las modificaciones, reparaciones y sustituciones indispensables para el exacto cumplimiento del contrato, así como las indemnizaciones justificadas por perjuicios causados por deficiencias, errores o atrasos laborales.

En caso necesario, la Propiedad podrá suspender los pagos al Adjudicatario y pedir indemnizaciones de acuerdo con lo establecido en el contrato sin perjuicio de la aplicación de penalizaciones de rescisión.

Las relaciones con el Adjudicatario serán establecidas a través de personas o entidades designadas por la Propiedad.

La Propiedad podrá hacerse representar por consultores u otras entidades que pueda elegir para colaborar en los estudios, fabricación, montaje y ensayos.

El representante del Adjudicatario será designado por éste de acuerdo con la Propiedad. Durante el período de montaje esta persona estará presente y será la responsable del equipo de montaje.

El Adjudicatario estará representado en todas las reuniones convocadas con un plazo no inferior a ocho días por la Propiedad, en la obra o en cualquier otro lugar que se indique, mediante la presencia de técnicos especializados en las materias objetivo de dichas reuniones.

La lista de proveedores principales y empresas colaboradoras del Adjudicatario, establecida de común acuerdo con la Propiedad, no podrá ser modificada sin la aprobación previa escrita de esta última entidad.

La aprobación por parte de la Propiedad de la lista de proveedores y empresas colaboradoras del Adjudicatario no eximirá en ningún caso a éste último de su responsabilidad.

El Adjudicatario no podrá ceder ni traspasar a terceros ninguna de sus obligaciones o derechos, ni utilizar en la ejecución de los trabajos otras empresas o sociedades que las que figuran en el contrato como aceptadas por la Propiedad.

En todos los casos el Adjudicatario es plenamente responsable del contrato ante la Propiedad, personal obrero y terceros.

Si el Adjudicatario, sin previa autorización escrita por parte de la Propiedad, cediese o traspasase a terceros cualquiera de sus obligaciones o derechos, derivados del contrato, o emplease en la ejecución de las obras otra empresa o sociedad que no estuviese previamente aceptada por la Propiedad, ésta aplicará las sanciones que crea oportunas,

llegando, si fuese necesario, a la rescisión del contrato, en cuyo supuesto se aplicaría todo lo incluido bajo el epígrafe “Rescisión del contrato” del presente Pliego de Condiciones.

La Propiedad puede indicar en la carta de invitación al concurso la fianza inicial y retenciones de garantía que se descontarán de las certificaciones. Estas cantidades retenidas por la Propiedad resultan en caso de rescisión o abandono del trabajo por causas imputables al Adjudicatario.

El Adjudicatario responde, además del cumplimiento de sus obligaciones, de todos los medios auxiliares, maquinaria y materiales que tenga depositados en la obra, los cuales no podrán ser retirados de la misma sin previa autorización escrita de la Propiedad.

El Adjudicatario es el único responsable de la correcta ejecución técnica de las obras, no teniendo derecho a indemnización alguna por el mayor precio a que pudiesen resultar, ni por las falsas operaciones que cometa durante la construcción de las mismas, ni por las modificaciones que la Dirección Facultativa tenga a bien marcar, corriendo dichas operaciones por su cuenta y riesgo, independientemente de las inspecciones ejercidas por la Dirección Técnica.

#### **1.4. Programa**

El programa general de los trabajos (estudios, aprovisionamiento, fabricación, transporte, montaje y ensayos) a presentar con la propuesta deberá respetar las pautas indicadas en estas normas e información complementaria facilitada.

El programa deberá ser desarrollado, según las condiciones especificadas en estas normas, en otro detalle, en el que se indicarán las fechas de conclusión de cada uno de los trabajos señalados en el trabajo inicial, así como las fechas intermedias cuyo incumplimiento dé lugar a la aplicación de las penalizaciones. El plazo de presentación de este programa detallado será de treinta días a partir de la fecha de adjudicación.

El programa referido en el párrafo anterior deberá indicar las fechas límite en que se consideren indispensables los suministros para asegurar la continuidad de los trabajos, así como los datos referentes a la posibilidad del inicio de los trabajos de terceros.

La determinación del orden de las obras será facultad potestativa del Adjudicatario, salvo en aquellos casos en los que por cualquier circunstancia de orden técnico el Ingeniero Director estime conveniente su modificación.

Todos los trabajos se ejecutarán en estricto seguimiento del Proyecto que ha servido de base, de las modificaciones que sobre el mismo hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que entregue el Ingeniero Director al Adjudicatario, siempre que se encaje dentro de la cifra a que asciende los presupuestos aprobados.

### Documento III. Pliego de condiciones

El programa contractual de los trabajos no podrá ser alterado sin la conformidad expresa de la Propiedad. Además, cuando la Propiedad proponga una alteración de dicho programa, el Adjudicatario se compromete a hacer todo lo posible para dar cumplimiento al deseo de la Propiedad, lo mismo se trate de adelantar como de retrasar un suministro.

El Adjudicatario dará comienzo a las obras en el plazo marcado, desarrollándolas en la forma necesaria para que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo exigido en el contrato realizado con la Propiedad.

Obligatoriamente y por escrito, el Adjudicatario deberá dar cuenta al Ingeniero Director del comienzo de los trabajos antes de veinticuatro horas desde su iniciación.

Si los trabajos se desarrollan con retraso respecto al programa aprobado, serán aplicadas las penalizaciones correspondientes. Si dicha demora fuese producida por motivos no imputables al Adjudicatario, éste puede solicitar de la Propiedad una prórroga del plazo de ejecución de las obras, postergación que será igual al tiempo perdido, a no ser que el Adjudicatario solicitase que fuese menor. La petición de prórroga por parte del adjudicatario deberá tener lugar en el plazo mínimo de un mes desde el día que se produzca la causa originaria del retraso, alegando las razones por las que estime no serle imputable la demora y señalando el tiempo probable de su duración. En caso de que el Adjudicatario no solicitase el aplazamiento, se entenderá que renuncia a su derecho y que, a efectos de la aplicación del contrato, los retrasos que se produzcan en relación con lo establecido en el programa le son imputables a él.

El Adjudicatario se someterá a las Leyes, Reglamentos y Ordenanzas vigentes, así como los que se dicten durante la ejecución de las obras.

El Adjudicatario queda obligado al cumplimiento de la legislación vigente en lo relativo a los accidentes de trabajo desde que toma a su cargo la organización de los trabajos contratados.

#### **1.5. Estudios y documentación técnica**

Por el hecho de acusar recibo de encargo, el Adjudicatario reconoce haber recibido de la Propiedad todos los datos y documentos de base necesarios para los estudios y proyectos. En caso de errores u omisiones, el Adjudicatario deberá proponer las modificaciones que estime convenientes para una buena ejecución del mismo.

El Adjudicatario debe pedir a la Propiedad, con antelación suficiente, todas las informaciones complementarias y de detalle indispensables para la buena ejecución del suministro.

### Documento III. Pliego de condiciones

Los documentos contractuales y todos aquellos que la propiedad entregue durante la ejecución del contrato, deben ser cuidadosamente revisados por el Adjudicatario. En caso de errores u omisiones, el Adjudicatario deberá proponer las modificaciones que estime convenientes para la buena organización del suministro.

El Adjudicatario proporcionará, en la fecha establecida en el calendario general de ejecución de las obras, con los datos y condiciones indicados en las normas y demás documentos que le encargue la Propiedad: memoria, cálculos justificativos, características de los materiales, especificaciones relativas a los mismos, planos y demás documentación técnica complementaria a la incluida en la oferta presentada, de forma que se compromete así la definición del equipo y servicios contratados, lo que permitirá a la Propiedad:

- Tener pleno conocimiento del estado tensional al que estará sometido el equipo en las distintas hipótesis de cálculo, garantías que ofrecen los materiales, las soldaduras y demás elementos incluidos en el suministro, así como de su funcionamiento, conservación y explotación.
- Efectuar la inspección de su fabricación y montaje.
- Estudiar y proyectar todos los trabajos afines que no incumben al Adjudicatario.

Todos los documentos facilitados por el Adjudicatario, así como leyendas y acotaciones, deberán estar escritos en español. La Propiedad podría aceptar documentos escritos en francés o inglés, reservándose el derecho a exigir traducciones al español, que serán consideradas como los únicos documentos válidos.

La Propiedad comunicará al Adjudicatario, en el plazo que señala en el programa general de trabajos, la aprobación o reparos a los documentos ya referidos en párrafos anteriores, que conforman la total definición del equipo y servicios contratados, entendiéndose que éstos están aceptados si en dicho plazo no se hubiese indicado lo contrario.

Los documentos sobre los que la Propiedad sí hubiese efectuado observaciones antes de la fecha concertada, serán revisados por el Adjudicatario y nuevamente sometidos a aprobación dentro del plazo establecido en el calendario general de las obras. Si la Propiedad no pudiese admitirlos, convocaría una reunión para su discusión y resolución en el plazo de ocho días.

El Adjudicatario remitirá a la Propiedad, por quintuplicado y en el plazo de quince días, desde su aprobación, los ejemplares indicados en estas normas de cada uno de los documentos aceptados.

Los documentos aprobados no podrán ser modificados sin previa autorización escrita de la Propiedad.

### Documento III. Pliego de condiciones

La aprobación por parte de la Propiedad de dibujos, notas de cálculo u otros documentos no limita la responsabilidad del Adjudicatario, sino que ésta se mantiene total.

Todos los documentos y planos recibidos por la Propiedad como parte del suministro, serán tratados por ésta a todos los efectos como de su propiedad. De igual modo, toda la documentación y dibujos serán enviados por la Propiedad al Adjudicatario para la ejecución del suministro, no pudiendo este último comunicar a terceros o publicar sus reproducciones sin previa autorización de la propiedad.

El Adjudicatario entregará al menos tres copias de los manuales de instrucciones de los equipos suministrados, cuyo contenido mínimo debe ser el siguiente:

- Descripción del equipo.
- Características nominales de diseño y prueba.
- Composición y características de los materiales.
- Principios de operación.
- Instrucciones de operación.
- Gradientes máximos, limitaciones y funcionamiento en condiciones distintas de las nominales. Puntos de tarado.
- Lista de componentes o despieces, con números de identificación, dibujos de referencia, nombres y características de la pieza (dimensiones, materiales, etc.).
- Instrucciones de recepción, almacenamiento, manejo y desembalaje del equipo.
- Instrucciones de montaje, desmontaje y tolerancias.
- Instrucciones de mantenimiento.
- Pruebas y controles periódicos.
- Lista de repuestos.

#### **1.6. Pliegos, Instrucciones y Normas aplicables**

Las prescripciones de las instrucciones y normas que se muestran a continuación serán de aplicación con carácter general, y en todo aquello que no contradiga o modifique el alcance de las indicaciones que se incluyen en el presente Pliego de Condiciones, para los materiales y la ejecución de las obras.

- Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos en que sea procedente su aplicación.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.D. 842/2002)
- Reglamento de Redes y Acometidas de Combustibles Gaseosos (O.M. 18/11/74).
- Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias (R.D. 2060/2008)
- Instrucción de hormigón estructural (R.D. 1247/2008)

- Instrucción para la recepción de cementos (R.D. 256/2016)
- Código Técnico de la edificación (R.D. 314/2006)
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de abastecimiento de agua (O.M. 28/07/74).
- Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias (R.D. 379/2001)
- Norma de construcción sismorresistente (R.D. 997/2002)
- R.D. 204/1994 de 16 de junio sobre Seguridad Industrial.
- Cuantos preceptos sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo contengan las Ordenanzas Laborales, Reglamentos de Trabajo, Convenios Colectivos y Reglamentos de Régimen Interior en vigor.

### **1.7. Seguridad y accidentes de trabajo**

El Adjudicatario queda obligado al cumplimiento de la normativa referente al estudio de Seguridad e Higiene en el Trabajo vigente.

Todos cuantos aparatos, maquinaria, herramientas y medios auxiliares emplee el Adjudicatario en la ejecución de los trabajos deberán reunir las máximas condiciones de seguridad y resistencia, así como cumplir todas las normas oficiales dictadas al efecto.

El personal del Adjudicatario está obligado a utilizar todos los dispositivos y medios de protección personales necesarios para eliminar o reducir los riesgos profesionales, pudiendo el Ingeniero suspender los trabajos si estima que el personal está expuesto a peligros no corregibles.

El Ingeniero Director podrá exigir al Adjudicatario, ordenándolo por escrito, el cese de la obra de cualquier trabajador que, por imprudencia temeraria, pudiese provocar accidentes que hiciesen peligrar su propia integridad física o la de alguno de los demás empleados u obreros.

Toda la responsabilidad en los accidentes que pudieran ocurrir por el empleo de materiales defectuosos, por imprudencias o por el incumplimiento de lo anteriormente mencionado, recaerá exclusivamente sobre el Adjudicatario. Correrán también por cuenta exclusiva de éste las multas en las que incurra por contravenir las disposiciones oficiales, así como los daños y desperfectos ocasionados a terceros en su persona, bienes o haciendas.

El Adjudicatario queda en libertad de ejecutar los andamiajes que estime convenientes, siempre dentro de las normas de seguridad para el personal que señale en cada momento las Leyes o Reglamentos de Seguridad e Higiene o Accidentes de Trabajo.

### Documento III. Pliego de condiciones

El Ingeniero Director podrá exigir al Adjudicatario en cualquier momento, antes o después del comienzo de los trabajos, que presente los documentos que acrediten el haber formalizado los regímenes de la Seguridad Social en la forma legalmente establecida.

## **2. CALIDAD DE LOS MATERIALES**

### **2.1. Materiales en general**

Todos los materiales suministrados por el Adjudicatario, figuren o no en los documentos del presente Proyecto, deben reunir las condiciones de calidad exigibles en la buena práctica de la construcción. La aceptación por la Propiedad de una marca, fábrica o lugar de extracción, no exime al Adjudicatario del cumplimiento de estas prescripciones.

Deben presentarse previamente muestras para su aprobación y reconocimiento por parte del Ingeniero Director o en su defecto por el Subdirector de la Obra, sin cuyo permiso no se podrá proceder a la colocación o empleo, pudiéndose obligar a la retirada del material no aprobado y colocado en obra por parte del Adjudicatario de no haberse procedido de la forma establecida. Además, los materiales rechazados deberán ser inmediatamente retirados de la obra por cuenta y riesgo del Adjudicatario, o depositados en los lugares indicados por la Dirección de la Obra.

Cuando los materiales no fuesen de la calidad requerida en el Pliego de Condiciones o no tuviesen la preparación en éste exigida, o cuando a falta de prescripciones formales se reconociese o demostrase que no son adecuados para su función, la Propiedad dará orden al Adjudicatario para que a su costo los reemplace por otros que satisfagan o cumplan el objetivo al que se destinen.

El Adjudicatario, a su costo, transportará y colocará los materiales no utilizables, agrupándolos ordenadamente y en el lugar de la obra que se designe, para evitar así que supongan un perjuicio en la marcha de los trabajos. Los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra se retirarán de ésta o se llevarán a un vertedero.

Si a pesar de todo fuesen advertidas faltas en un material aprobado y colocado, dicho material podría ser retirado a cuenta del Adjudicatario.

### **2.2. Aceros**

El Adjudicatario indicará las características mecánicas de los aceros empleados con arreglo a los siguientes elementos:

- Piezas de acero moldeado.
- Estructuras de acero.

### **2.3. Resto de los materiales**

Para el resto de los materiales empleados en la fabricación del suministro, se indicarán las características mecánicas, así como la composición química.

### **3. NORMAS DE CÁLCULO**

Serán de aplicación las normas DIN u otras de rango similar vigentes sobre bases de cálculo para construcciones hidráulicas de acero.

El Adjudicatario indicará las tensiones de trabajo, simples y compuestas a que quedan sometidas los diferentes materiales que constituyen las estructuras. Asimismo, se señalarán las tensiones máximas de trabajo o tensiones base para el cálculo:

- Tensión admisible de tracción o compresión, previa comprobación del pandeo.
- Tensiones admisibles a esfuerzos cortantes.
- Tensiones de comparación.

La tensión base o máxima de trabajo es un límite absoluto que no podrá ser sobrepasado ni siquiera en el caso de piezas sometidas a choques, esfuerzos dinámicos, fatigas locales o alternadas, vibración y oxidaciones.

Se indicarán, asimismo, las cargas máximas transmitidas al hormigón por las piezas fijas, así como las correspondientes a los órganos de maniobra.

Los esfuerzos de compresión en el hormigón se atenderán a lo especificado en las normas DIN, y no superarán, en cualquier caso, la carga de rotura indicada en la norma EH vigente.

Las conducciones blindadas y los revestimientos se dimensionarán para los estados de carga más desfavorables, sin tener en cuenta la contribución del hormigón que las engloba.

El Adjudicatario facilitará los cálculos completos de los elementos importantes del suministro.

El Adjudicatario indicará los coeficientes de seguridad de elementos tales como cilindros y vástagos de servomotores, órganos mecánicos de cabrestantes, cadenas, cables, etc.

## **4. DISPOSICIONES GENERALES DE LAS OBRAS**

### **4.1. Replanteo de la obra**

El Ingeniero Director, una vez que el Adjudicatario esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá realizar el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares. Se levantará, por duplicado, un Acta de Replanteo firmada por el Ingeniero Director y el representante del Adjudicatario.

Todas las operaciones que se necesitan para el replanteo serán efectuadas por y a cuenta del Adjudicatario, no teniendo por este concepto derecho a reclamación de ninguna clase. Asimismo, está obligado a suministrar a su cargo a la Propiedad los medios y aparatos que la dirección de Obra estime necesarios para llevar a cabo los replanteos de cualquier tipo.

### **4.2. Plazo de ejecución**

Los plazos de ejecución, tanto totales como parciales, señalados en el contrato, empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo de las obras o desde la notificación por parte de la Propiedad de la autorización para el comienzo de éstas. El Adjudicatario estará obligado a cumplir dichos plazos, que serán improrrogables.

No obstante, los plazos podrán ser objeto de aplazamiento, cuando las modificaciones solicitadas por el Ingeniero Director y debidamente aprobadas por la Propiedad, influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por causas ajenas por completo al Adjudicatario no fuese posible comenzar los trabajos en la fecha prevista o tuviesen que ser suspendidos una vez iniciados, el Ingeniero Director concederá una prórroga cuya duración será la estrictamente necesaria.

### **4.3. Mano de obra**

El personal que como encargado, capataz, oficial, ayudante o peón, tenga el Adjudicatario realizando unidades de obra, debe ser cualificado y responsable, al igual que todo el personal dependiente de los Subadjudicatarios, que en todo momento acatarán las órdenes dictadas por la Dirección de la obra.

El Adjudicatario está obligado a tener siempre en la obra el número de operarios proporcionado a la extensión y clase de trabajos que se esté ejecutando.

Los operarios serán de aptitud reconocida y experimentados en sus respectivos oficios, y constantemente ha de haber en la obra una persona responsable y encargada del conjunto.

### Documento III. Pliego de condiciones

No se permitirá trabajar a ningún obrero que no se encuentre debidamente capacitado o en quien se note falta de costumbre a la hora de trabajar sobre andamios, y si por omisión o falta de observación de las precauciones ocurriese una desgracia, serán de cuenta y riesgo del Adjudicatario las responsabilidades que tuviesen lugar.

La Dirección de la Obra podrá prohibir la permanencia en obra de determinado personal del Adjudicatario, por motivo de faltas de Obediencia y respeto, o a causa de actos que comprometan o perturben, a juicio de la misma, la marcha de los trabajos. El Adjudicatario podrá recurrir si entendiéndose que no hay motivo fundado para dicha prohibición.

La totalidad del personal empleado por el Adjudicatario y Subadjudicatario en la ejecución de las obras deberá estar debidamente afiliado al régimen general de la Seguridad Social, estando obligado a mantener en la oficina de obra los justificantes correspondientes, que justifiquen la situación. Además, el Adjudicatario está obligado al cumplimiento de lo establecido en la Ley sobre Contrato de Trabajo y en las Reglamentaciones de Trabajo vigentes o que se dicten durante la realización de las obras.

El Adjudicatario habilitará en la obra una oficina en la que tendrá siempre una copia de todos los documentos del Proyecto que le hayan sido facilitados por el Ingeniero Director, así como los restantes documentos, equipos y materiales que se estipulen.

El Adjudicatario podrá sacar a sus expensas copias de los documentos el Proyecto de Contrata, cuyos originales le serán facilitados por el Ingeniero Director, el cual autorizará con su firma las copias, si el Adjudicatario así los deseara.

El Adjudicatario, por sí mismo o por medio de sus facultativos, representantes o encargado, estará en la obra durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Ingeniero Director, o a las personas que éste delegue, en las visitas que hagan a la obra, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios, y facilitándole los datos necesarios y los medios para la ejecución y aprobación de mediciones, comprobaciones y liquidaciones.

El Adjudicatario o su delegado vigilarán los trabajos de colocación de los andamios, cimbras y demás medios auxiliares. Comprobará que los materiales fabricados, tales como viguetas, cargaderos, etc., del material que sea, llevan garantía de fabricación, siendo el Adjudicatario el responsable de los accidentes que ocurran por incumplimiento de esta disposición o por no tomar las debidas precauciones.

Antes del inicio de las obras se procederá al replanteo general de las mismas, juntamente con el Director y Subdirector de Obra, realizándose la correspondiente Acta de Replanteo, que quedará plasmada en el Libro de Órdenes, considerándose dicha fecha como la de inicio de las obras.

Todas las operaciones y medios auxiliares necesarios para el replanteo, serán de exclusiva cuenta del Adjudicatario, pudiendo ser vigilados y anulados por la Dirección Técnica.

El Adjudicatario no podrá reclamar ni percibir indemnización alguna por sustracción, pérdida, avería u otros perjuicios acaecidos durante la realización de la obra.

Del mismo modo, será responsable de las pérdidas del material que se entregase a su custodia, descontándosele el importe de las cantidades a percibir. Igualmente responderá ante cualquier daño causado en las propiedades colindantes, estando obligado a repararlas y dejarlas en su estado original.

#### **4.4. Mejoras y variaciones en el proyecto**

Si durante el transcurso de las obras, el Ingeniero Director estimase conveniente introducir modificaciones en el Proyecto, el Adjudicatario estará obligado a ejecutarlas, siempre y cuando la cantidad de las obras nuevamente aprobada no aumentase ni disminuyese. No se considerarán mejoras y variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Ingeniero Director.

Si antes del inicio de las obras o en el transcurso de éstas la Propiedad, de acuerdo con el Ingeniero Director, resolviese realizar parte de las obras que comprende la contrata, o acordase introducir en el Proyecto modificaciones que supongan aumento, reducción o supresión de las cantidades especificadas en el presupuesto, serán obligatorias para el Adjudicatario estas disposiciones sin que tenga incluso derecho, en caso de suspensión de los trabajos, a indemnización alguna con el pretexto de pretendidos beneficios que hubiera podido obtener en la parte reducida o suprimida. Aun cuando las reformas hiciesen variar el trazado original, si se le participan al Adjudicatario con la debida antelación, tampoco podrá reclamar compensación económica alguna.

En el caso de darse alguna modificación en el Proyecto, el Adjudicatario tendrá derecho a que se prorrogue, el tiempo que el Ingeniero considere oportuno, el plazo para la terminación de las obras.

Cuando se introduzcan modificaciones o mejoras en la obra debidamente autorizadas, se hará constar por escrito, antes de comenzar los trabajos, el importe de aquellos o el valor estipulado para las mismas si no tuviesen precio en el presupuesto, cuyo valor, se abonará en la liquidación correspondiente al plazo en que el trabajo se haya ejecutado.

#### **4.5. Contradicciones, omisiones o errores en los documentos**

En caso de contradicción entre los Planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo escrito en éste último. Lo mencionado en el Pliego de Condiciones y omitido en los Planos, o viceversa, habrá de ser aceptado como si se incluyese en ambos documentos,

siempre que, a juicio del Ingeniero Director, quede suficientemente definida la unidad de obra correspondiente y ésta tenga precio en el contrato.

Los diversos capítulos del presente Pliego de Condiciones son complementarios entre sí, entendiéndose que las prescripciones que contengan uno de ellos y afecte a otros obligan como si apareciesen todos. Las contradicciones o dudas entre sus especificaciones se resolverán por la interpretación razonadamente haga el Ingeniero Director.

En todo caso, las contradicciones, omisiones o errores que se adviertan en estos documentos, tanto por el Ingeniero Director como por el Adjudicatario, deberán reflejarse preceptivamente en el Acta de Replanteo.

#### **4.6. Trabajos defectuosos o no autorizados**

El Adjudicatario deberá utilizar materiales que cumplan las condiciones exigidas en el Pliego de Condiciones Particulares y realizar todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con dicho documento.

Como consecuencia de lo anterior, cuando el Ingeniero Director o su representante en la obra advierta vicios o defectos en los trabajos efectuados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnan las condiciones preceptuadas, ya sea durante la ejecución de los trabajos o una vez finalizados éstos y con anterioridad a la verificación de la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas según el contrato, y todo aquello a expensas del Adjudicatario. Si éste no considerase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción ordenada, se procederá según estos pasos:

- Cuando los materiales o aparatos no reuniesen la calidad requerida o no estuviesen perfectamente preparados, el Ingeniero Director dará orden al Adjudicatario para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas por los Pliegos, o a falta de éstos, a las órdenes del Ingeniero Director.
- El Ingeniero Director podrá, si las circunstancias o el estado de la obra lo aconsejen, permitir el empleo de aquellos materiales de mayor calidad a la fijada de antemano en caso de que el Adjudicatario no le fuese posible suministrarlos de dicha calidad, descontándosele en ese caso la diferencia de precio del material requerido al defectuoso empleado, y no teniendo derecho el Adjudicatario a indemnización alguna en el segundo de los casos.

El Adjudicatario es el único responsable de la ejecución de los trabajos para los que ha sido contratado y de las faltas y defectos que éstos pudiesen tener por su incorrecta ejecución y por la deficiencia de la calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servir de excusa ni le otorgue derecho alguno el que el

Ingeniero Director o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valoradas en las certificaciones y participaciones de las obras.

#### **4.7. Suspensión de las obras**

Cuando la Propiedad desee suspender la ejecución de las obras, deberá avisar al Adjudicatario con un mes de antelación, teniendo éste último que suspender los trabajos sin derecho a indemnizaciones, siempre que se le abone el importe de la obra ejecutada y el valor de los materiales acumulados a pie de obra. Se hará lo mismo en caso de rescisión justificada.

Si la suspensión de las obras fuese motivada por el Adjudicatario, la Propiedad se reserva el derecho a la rescisión del contrato, abonando al Adjudicatario sólo la obra ejecutada, con pérdidas de la garantía como compensación a la Propiedad por los perjuicios generados, quedando siempre el Adjudicatario obligado a responder por los perjuicios superiores creados por ésta.

En caso de muerte o quiebra del Adjudicatario, quedará rescindida la contrata, a no ser que los herederos o síndicos de la quiebra ofrezcan realizarla bajo las condiciones estipuladas en un primer momento. La Propiedad podrá aceptar o rechazar el ofrecimiento, sin que, en este último caso, aquellos tengan derecho a indemnización alguna.

Tanto en los casos de rescisión como en los que legalmente se pudiesen presentar, las herramientas y demás elementos de trabajo que sean de pertenencia del Adjudicatario, tendrá éste la obligación de recogerlos antes de un plazo de ocho días, entendiéndose que los abandona a favor de la obra de no hacerlo así.

Son causas de rescisión de la obra, las siguientes:

- El no ejecutar las obras con arreglo al Proyecto o modificaciones indicadas.
- El empleo deficiente de los materiales o su mala colocación en la obra que obliguen a demoler ésta o a valorarla como defectuosa.
- El que los trabajos no se realicen ajustándose al calendario previsto.
- Incapacidad del personal contratado, tanto técnico como de la obra.
- Quiebra o suspensión de pagos por parte del Adjudicatario.
- La suspensión de la obra comenzada, siempre que el pago exceda a seis meses.
- El no dar comienzo la contrata a los trabajos dentro del plazo señalado en las condiciones del proyecto o contrato.
- El incumplimiento de las condiciones del contrato, cuando se indique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.

- La terminación del plazo de ejecución de los trabajos sin haberse llegado a concluirlos.
- El abandono de la obra sin causa justificada.
- La muerte o incapacitación del Adjudicatario.
- Alteraciones del contrato, de forma que suponga modificaciones del proyecto o de las unidades de obra en un 25 % como mínimo del importe de aquel y en un 50 % de las unidades modificadas.
- La suspensión de la obra comenzada y en todo caso siempre que por causas ajenas a la contrata no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación.
- Por toda causa de fuerza mayor que obligue a suspender las obras indefinidamente.

Excepto en los últimos cuatro casos, la fianza quedará en beneficio de la Propiedad. En todos los casos, la Propiedad se reserva el derecho a continuar las obras, bien por sí misma, bien por las personas o entidad que estime conveniente.

#### **4.8. Seguros**

El Adjudicatario quedará obligado, después de la comprobación del replanteo y antes del comienzo de la obra, a facilitar a la Dirección la documentación que acredite haber suscrito, además de las correspondientes afiliaciones a la Seguridad Social, las siguientes pólizas de seguro:

- Seguro contra daños a tercero que deriven de la ejecución del Proyecto.
- Seguro de accidentes de trabajo en la Mutualidad Laboral correspondiente.
- Seguro de automóviles para todos aquellos vehículos del Adjudicatario que tengan acceso a la obra.
- Seguro para toda la maquinaria y el equipo que el Adjudicatario utilice en el trabajo.
- Seguro de incendios para las obras, en compañías de reconocida solvencia inscritas en el Ministerio de Hacienda en virtud de la Ley de Seguros vigente.

## **5. ENSAYOS, PRUEBAS Y PROTECCIONES**

### **5.1. Ensayos en taller**

Todas las uniones soldadas serán inspeccionadas mediante control radioscópico de las soldaduras, que se llevarán a cabo en presencia de representantes de la Propiedad y del Adjudicatario teniendo en cuenta los plazos fijados.

Se ensayarán mecánicamente varias probetas de soldadura realizadas con materiales y operarios que hayan de intervenir en la obra.

Para el caso de los tanques de almacenamiento, se inspeccionarán el 10 % de los cordones de soldadura según la norma ASME sección VIII.

En los intercambiadores de calor y en todos los depósitos a presión se realizarán pruebas de ventosa en todas las uniones soldadas.

Los cilindros de los servomotores y demás órganos que contengan aceite a presión, como son los cuerpos de las bombas de aceite y sus correspondientes válvulas serán sometidos en taller a una presión de ensayo igual a la de servicio pero aumentada en un 50 %. Los esfuerzos durante el ensayo no deberán, en ningún caso, sobrepasar el 40 % de la carga de rotura, ni el 80 % del límite elástico. Durante dicho ensayo no deberán producirse deformaciones apreciables ni fugas de filtración alguna.

Para los grupos de motobombas se realizarán todas las pruebas necesarias según normas para determinar las curvas características. Para el trazado de las curvas de altura manométrica, potencia y rendimiento, se considerarán al menos cinco puntos, desde el caudal cero al caudal máximo nominal.

### **5.2. Presentación en taller**

Con el fin de prever posibles dificultades que pudiesen presentarse en la obra en el montaje definitivo de los elementos objeto de suministro, la Propiedad puede exigir que se realice en taller una presentación completa de los distintos elementos, comprobándose cotas, planicidad, etc.

El Adjudicatario indicará claramente en su oferta la repercusión económica que represente la realización de estos trabajos de presentación en taller del suministro contratado.

### **5.3. Protección contra la corrosión**

El Adjudicatario deberá proponer la protección más recomendable, en base a su experiencia, para su aprobación por parte de la Propiedad. Esta protección deberá, de

una manera general, aplicarse a todas las superficies de los elementos fabricados con materiales oxidables en contacto con el agua y la intemperie, y comprenderá:

- 1) Limpieza de chorro de arena
- 2) Metalización de zinc, según las normas AENOR A 91-201, con una capa de zinc de 12 centésimas de milímetro (0,12 mm) de espesor, seguida como mínimo de tres capas de pintura de características convenientemente justificadas.

No obstante, la Propiedad se reserva el derecho a ejecutar total o parcialmente la protección contra la corrosión de todo o parte del suministro, por cuyo motivo el Adjudicatario detallará en el Presupuesto el importe de estas operaciones, que podrán ser deducidas del costo total en el caso de que la Propiedad las realizase por su cuenta.

Las partes del suministro que estén mecanizadas serán desengrasadas y se protegerán con una pintura vinílica incolora de tipo arrancable. El tiempo transcurrido desde el tratamiento de la superficie el metal y la aplicación de la pintura no podrá ser superior a veinticuatro horas.

El sistema de protección con pinturas de las diferentes superficies metálicas deberá responder a las condiciones ambientales de la zona geográfica del almacenamiento y a la naturaleza de los productos manejados y condiciones de funcionamiento.

### **5.3.1. Intercambiadores de calor**

Las superficies de los intercambiadores de calor serán tratadas según métodos de preparación de superficie para cada sistema de pintura.

Las superficies metálicas serán limpiadas antes de la aplicación de pinturas de acuerdo con las especificaciones de la *Nacional Corrosion Engineers* (NACE) y con los estándares fotográficos del comité de corrosión de la Real Academia de la Ciencia Técnica de Suecia (SIS 05.59.00).

Aquellos elementos metálicos complementarios en los que por razones específicas no pueda efectuarse el chorreado, se limpiarán mediante cepillado (grado St.2).

La preparación de superficies de acero al carbono se realizará siguiendo las especificaciones SIS 05.59.00 y PSC-SP. Si no se especifica lo contrario se aplicará un chorreado abrasivo a metal blanco SIS Sa 2 ½ (perfil de rugosidad 25/40), según la especificación SSPC-SP 10.

Las superficies externas mecanizadas de acero al carbono se protegerán mediante un inhibidor de corrosión eliminable con agua o disolventes. Dicho inhibidor deberá ser aprobado por el Comprador, así como su método de eliminación. En aquellas

### Documento III. Pliego de condiciones

superficies sobre las que haya que aplicar algún recubrimiento, se tendrá en cuenta la norma VDI 2532.

Las pinturas se aplicarán con pistola mediante sistema de pulverización a presión sin aire (*airless*) y cuando se den las condiciones ambientales adecuadas.

La protección de las superficies externas de los intercambiadores de calor mediante pinturas se realizará aplicando varias capas:

- Aplicación de una capa de imprimación de cromato amarillo de setenta y cinco micras de espesor de película seca.
- Aplicación de una capa de imprimación de epoxi-cromato de zinc especial de ochenta micras de espesor de película seca.
- Se aplicarán dos capas de esmalte de poliuretano alifático de treinta y cinco micras por capa.

Las estructuras metálicas y soportes complementarios a los intercambiadores se tratarán con:

- Un chorreado Sa 2 ½
- Aplicación de una primera capa de imprimación, de zinc inorgánico, de setenta y cinco micras de espesor de película seca.
- Aplicación de una segunda capa de resina de ochenta micras de película seca
- Aplicación de la pintura de acabado, que consistirá en dos capas de esmalte de poliuretano alifático de treinta y cinco micras por capa.

#### **5.3.2. Tuberías**

Todas las tuberías deberán ser tratadas con un chorreado previo Sa 2 ½ según las normas SIS 05.59.00.

El chorreado deberá hacerse preferentemente en taller para evitar inundar la instalación de polvo, salvo causa justificada.

Las pinturas que se aplicarán en las tuberías serán:

- Una capa de pintura de imprimación de cuarenta micras de espesor de mínimo a clorocaucho.
- Una capa de pintura de fondo de ochenta micras de espesor de clorocaucho.
- Dos capas de acabado de veinticinco micras por capa de clorocaucho puro.

### **5.3.3. Columnas y depósitos de presión**

Todas las columnas de la instalación de acero al carbono deberán ser tratadas previamente con un chorreado Sa 2 ½ según norma SIS 05.59.00.

Después del tratamiento superficial se aplicarán las siguientes capas de pintura:

- Una capa de veinticinco micras de espesor de pintura epoxi.
- Una capa de veinticinco micras de espesor de pintura de fondo epoxi.
- Dos capas de cuarenta micras de espesor por capa de pintura epoxi.

### **5.3.4. Bombas**

Los tratamientos y acabados de superficie de las bombas dependerán de la atmósfera circundante de la instalación.

La limpieza de las superficies se realizará siguiendo alguno de los procedimientos que se enumeran a continuación. La selección de uno u otro procedimiento se realizará atendiendo a las recomendaciones del Suministrador.

- Granallado metálico a base de granalla de material no contaminante de la superficie (según norma SIS 05.59.00 Sa 2 ½).
- Chorreado de arena de sílice proyectado por aire comprimido contra la superficie.
- Decapado químico eliminando la capa de óxido y otras impurezas por inmersión en solución ácida.

La superficie se preparará con una capa de Wash Primer para incrementar la adherencia.

Se aplicarán las siguientes capas de pinturas:

- Una capa de setenta y cinco micras de espesor de pintura de imprimación epoxi.
- Una capa de setenta y cinco micras de espesor de pintura de acabado epoxi.
- Dos capas de cuarenta micras de esmalte sintético.

## **6. FABRICACIÓN, MONTAJE, RECEPCIÓN Y GARANTÍAS**

### **6.1. Inspección fabril**

La Propiedad se reserva el derecho a efectuar directamente o por medio de una entidad de su elección, la inspección de la fabricación de los equipos con vistas al cumplimiento de los plazos, a la calidad de los materiales y a las técnicas empleadas, tanto en las fábricas o instalaciones del Adjudicatario, como en las de sus suministradores.

A efectos de la cláusula anterior, el Adjudicatario se ve obligado a asegurar en cualquier momento a los representantes de la Propiedad, debidamente acreditados, el libre acceso a las fábricas o instalaciones, así como proporcionar todas las facilidades para que éstos puedan cumplir su misión.

El Adjudicatario deberá informar a la Propiedad, en tiempo hábil, de la fecha fijada para la realización de los ensayos previstos y de la recepción de materias primas, así como de la ejecución de las operaciones más importantes de la fabricación o montaje, de manera que la Propiedad pueda enviar a sus representantes, de estimarlo necesario, a presenciar dichos ensayos u operaciones.

Independientemente de la presencia o no de los representantes de la Propiedad, el Adjudicatario deberá repartir a ésta, por triplicado, memorias de todos los ensayos realizados.

### **6.2. Montaje e inspección**

Se deberán presentar para su aprobación una relación nominal del personal técnico que se ocupará de la ejecución de los montajes, indicando las funciones a realizar por cada uno de ellos y acreditando su capacidad técnica para el desarrollo de los mismos.

En caso de que a juicio de la Propiedad el personal técnico designado por el Adjudicatario sea insuficiente, éste se verá obligado a completar su organización con el número de técnicos necesarios, según el criterio de la Propiedad.

La Propiedad se reserva el derecho de recusar, en caso de no satisfacerle el desarrollo de las operaciones de montaje, tanto al representante del Adjudicatario como a cualquier otro miembro de su organización en la obra y obligar a éste a sustituirlo en un plazo de treinta días por otro de igual categoría.

El Adjudicatario podrá cubrir con compañías de seguros los riesgos relativos a los materiales y equipos en curso de montaje. Este seguro será ampliado para cubrir además

los daños que cause a la Propiedad o a terceros durante o por causa de las operaciones de montaje.

La Propiedad podrá señalar la obligatoriedad del seguro de materiales y equipos en curso de montaje. Este seguro será ampliado para cubrir además los daños que cause a la Propiedad o a terceros durante o por causa de las operaciones de montaje.

El personal de inspección de la Propiedad podrá ordenar la suspensión de los trabajos que no estuviesen ejecutados de acuerdo con las condiciones y especificaciones contractuales. La orden de suspensión será confirmada por escrito.

Siempre que fuese necesario enviar una pieza o equipo a fábrica como consecuencia de un error o avería, los gastos de transporte, seguros y otros, correrán por cuenta del Adjudicatario.

Los gastos, encargos y cualquier formalidad necesaria para la importación temporal o reexportación de herramientas, instrumentos o material a utilizar en la ejecución del suministro, serán a cargo del Adjudicatario.

La Propiedad fiscalizará directamente a través de sus representantes los trabajos de montaje. A este efecto estará asegurado al personal de inspección de la Propiedad el libre acceso a cualquier hora las oficinas de obra, almacenes u otros locales de trabajo del Adjudicatario, que está en la obligación de facilitarle cuantos datos y aclaraciones sean precisos.

### **6.3. Controles**

El Adjudicatario se asegurará, por unos controles apropiados, de la buena calidad del material entregado. Los resultados de estos controles serán sometidos a la aprobación de la Propiedad quien podrá exigir, si lo cree necesario, la realización de controles suplementarios.

#### **6.3.1. Intercambiadores de calor**

Antes de iniciar la fabricación de los cambiadores de calor, el Proveedor someterá a la aprobación de la Propiedad de los procedimientos de soldadura (WPS) que ha de utilizar, debidamente respaldados por sus certificados correspondientes de calificación (PQR), emitidos por una Entidad Colaboradora de la Administración (ENICRE), así como los certificados de homologación de los soldadores que han de participar en la fabricación.

Examen visual del aspecto general, sin que se aprecien defectos de fabricación o de transporte.

Ensayos de pruebas o presentación de documentos acreditativos, según las normas correspondientes.

### **6.3.2. Tuberías**

Las tuberías se deberán manipular sin movimientos bruscos y sin arrastre del material por el terreno.

Inspección visual del aspecto general, sin que se aprecien defectos de fabricación o de transporte.

Recopilación de copia de solicitud y aceptación del suministro del material por el Adjudicatario y el Proveedor, respectivamente, con el albarán de recepción. Se incluirá además el Certificado de Fabricación y Pruebas de los lotes de suministros.

Identificación de las tuberías con gravado longitudinal de la designación comercial, material, diámetro, espesor, presión de trabajo, normas y año de fabricación.

### **6.3.3. Columnas y depósitos a presión**

Se realizará el suministro en unidades, según capacidad, perfectamente terminado, sin defectos superficiales de fabricación o transporte.

Se deberá recopilar de la copia de solicitud y aceptación del suministro del material por el Adjudicatario y el Proveedor, respectivamente, con albarán de recepción. Se incluirá Certificado de Fabricación y Pruebas de los lotes suministrados.

Certificado de Homologación y timbrado MINER.

Identificación de depósitos con placa situada al lado de la boca en la que figure la designación comercial, número de registro y fabricación, presión de prueba, presión de timbre, superficie exterior, capacidad y fecha de pruebas.

Inspección visual del aspecto general, sin que se aprecien defectos de fabricación o de transporte.

### **6.3.4. Bombas**

Comprobar que la instalación está completa y ha sido llenado de aceite todo el sistema de lubricación.

Verificar que el motor y las bombas están adecuadamente alineados.

Se debe comprobar que todos los componentes del sistema de limpieza: filtros, orificios de restricción, presostatos, alarmas de nivel, enfriadores, están correctamente instalados y limpios.

### **6.3.5. Prueba hidráulica en taller**

La Propiedad podrá exigir, la realización de una prueba hidráulica en taller. El Adjudicatario deberá proveerse de los fondos de cierre para poder realizarlos.

La presión de prueba que se determinará en cada caso no será inferior a 1,5 veces la presión máxima de diseño.

Si las pruebas revelasen defectos inadmisibles, tales como fugas y deformaciones locales, el Adjudicatario someterá a la aprobación de la Propiedad el procedimiento de reparación y una vez reparada la pieza se repetirá la prueba hidráulica.

### **6.4. Acta de fin de montaje**

Cuando el Adjudicatario considere que los equipos están en condiciones óptimas para entrar en servicio, lo comunicará por escrito a la Propiedad y se procederá a una revisión general conjunta del montaje, levantándose, si procede, un acta de final de montaje firmada por representantes cualificados de ambas partes.

### **6.5. Ajustes, ensayos y servicio experimental**

Finalizado el montaje, serán efectuados los ajustes, ensayos y puestas en servicio experimentales de acuerdo con las condiciones establecidas.

La instrucción de entrenamiento del personal de la Propiedad por parte del Adjudicatario será efectuado en este período.

Salvo que se establezca otro acuerdo, la transferencia del equipo y materiales objeto del suministro tendrá lugar en la fecha de su entrada en servicio industrial; sin embargo, la cesión de posibles equipos importados por la Propiedad se hará con la entrega del conocimiento de embarque, carta de porte o documento similar, si bien el riesgo y la garantía será por cuenta del Adjudicatario hasta la entrada de los equipos en servicio industrial.

### **6.6. Recepción provisional**

Finalizado el servicio experimental y simultáneamente al comienzo del servicio industrial, será levantada, con anterioridad a la realización de los ensayos de recepción correspondientes, un Acta de Recepción Provisional firmada por representantes cualificados tanto de la Propiedad como del Adjudicatario.

Si por motivos no imputables al Adjudicatario, los ensayos de recepción no pudiesen ser efectuados, la recepción provisional será considerada como realizada ciento veinte días después de la fecha en que las pruebas debieron haber comenzado. Sin embargo, el

Adjudicatario está obligado a realizar dichos ensayos antes de la fecha de recepción definitiva.

La Dirección Técnica levantará, por triplicado, un Acta de Recepción de las Obras en la que se harán constar las posibles deficiencias en los trabajos, así como el plazo para subsanar éstas.

Si las obras se encuentran en condiciones óptimas y han sido ejecutadas con arreglo a las condiciones marcadas, se darán por recibidas, comenzando a contar en dicha fecha el plazo de garantía establecido en el contrato, que será como mínimo de tres meses.

En el caso de no hallarse la obra en estado de ser recibida, así se hará constar en el Acta, otorgándose además al Adjudicatario y / o Proveedor en la misma las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados y fijándose un plazo para subsanar éstos. Expirado dicho plazo, se realizará un nuevo reconocimiento en idénticas condiciones a fin de proceder de nuevo a la recepción provisional de las obras. Los trabajos de reparación corren por cuenta del Adjudicatario, de forma que de no cumplirse las prescripciones el contrato podrá considerarse como rescindido, con la pérdida de la fianza.

### **6.7. Período de garantía**

La fecha del Acta de Recepción Provisional será el comienzo del período de garantía. El Adjudicatario podrá mantener en la obra a todo o parte de su personal especializado, si bien posibilitará la presencia de éste siempre que la Propiedad lo exija o en caso de anomalías de funcionamiento o averías.

La duración del período de garantía será la acordada entre la Propiedad y el Adjudicatario a la hora de la formulación del contrato y comenzará a contar a partir de la fecha de firma del Acta de Recepción Provisional.

Durante el plazo de garantía el Adjudicatario reemplazará cualquier pieza o equipo defectuoso, debido a una mala concepción, defecto o calidad inadecuada de las materias primas empleadas, defecto de fabricación o error de montaje. Todas estas sustituciones y posibles trabajos de construcción civil deberán ser realizados en el menor tiempo posible, corriendo todos los gastos por cuenta del Adjudicatario.

No eximirá al Adjudicatario de responsabilidad alguna el hecho de que el Ingeniero Director o sus subalternos hayan examinado las obras durante su construcción, reconocido sus materiales o hecha la valoración en las relaciones parciales. En consecuencia, de observarse vicios o defectos antes de la recepción definitiva se podrá disponer a la demolición o reconstrucción de las partes defectuosas.

Durante el período de garantía, cualquier equipo, componente o pieza a sustituir por otro u otros en razón de la misma calidad, tendrá a partir de la fecha de entrada en servicio un plazo de garantía igual al del equipo o pieza al que sustituya.

Si como consecuencia de defectos o accidentes imputables al Adjudicatario el equipo no pudiese funcionar en parte o en todo el período de garantía, el tiempo en que el equipo no pueda operar será añadido al plazo de garantía.

## **6.8. Recepción definitiva**

Transcurrido el plazo de garantía, previo reconocimiento de las obras y demás trámites reglamentarios y en el supuesto de que todos los trabajos se encuentren en las debidas condiciones, se procederá a efectuar la recepción definitivamente de las obras, para lo cual se elaborará la correspondiente Acta de Recepción Definitiva, en la que se relatarán las incidencias habidas durante el período de garantía y que deberá estar firmada por representantes cualificados de la Propiedad y el Adjudicatario.

Hasta que el representante de la Propiedad no haya aprobado la recepción definitiva de los trabajos, el Adjudicatario se hará cargo de roturas, robos de material, averías, etc., cualquiera que fuese el motivo, aun cuando el desperfecto se haya producido en una operación ordenada por la Propiedad con el conocimiento del Adjudicatario.

Si son necesarias pruebas de funcionamiento, capacidad de producción, etc., para la recepción definitiva de algún elemento o del conjunto, el Adjudicatario dirigirá dichas pruebas y cargará con los gastos de todos los medios y creación de condiciones, salvo si todos o parte de tales gastos fueron incluidos en la adjudicación como obligaciones de la Propiedad.

Con anterioridad a la recepción definitiva serán resueltas todas las reclamaciones planteadas y habrán transcurrido todos los plazos de garantía de los equipos, componentes o piezas que hayan sido sustituidas.

Podrán hacerse recepciones definitivas parciales en los casos en los que se considere oportuna esta decisión.

Efectuada la recepción definitiva de todo suministro cesa la garantía establecida.

## **7. ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y SEGUROS**

### **7.1. Almacenamiento**

La Propiedad indicará la capacidad de los almacenes o explanadas de propio acopio de los que dispondrá el Adjudicatario en obra, así como la fecha a partir de la cual podrá disponer de ellos.

Queda terminantemente prohibido, salvo autorización escrita del Ingeniero Director, efectuar acopios de materiales, cualquiera que sea su naturaleza, en zonas que dificulten el adecuado transcurso de los trabajos.

Los materiales se almacenarán en forma tal que se asegure la preservación de su calidad para su utilización en obra, requisito que deberá ser comprobado en el momento de dicha utilización.

Las superficies empleadas como zonas de acopio deberán acondicionarse una vez finalizado el uso de los materiales en ellas acumulados, de forma que puedan recuperar su aspecto original.

Todos los gastos requeridos para efectuar el almacenamiento, manutención o guarda serán por cuenta del Adjudicatario.

### **7.2. Transporte**

Salvo que la Propiedad indique lo contrario, compete al Adjudicatario transportar a las instalaciones de la obra todos los materiales y equipos objeto del suministro desde sus fábricas, colocándose en buenas condiciones de manejabilidad, conservación y seguridad en los lugares destinados por la Propiedad a tal fin.

El Adjudicatario deberá prever que ninguna expedición sea hecha desde sus fábricas o desde las de sus suministradores sin aprobación previa por parte de la Propiedad, teniendo en cuenta que:

- Se respetarán las fechas previstas en el programa de trabajos.
- El escalonamiento de envíos en las fechas más favorables para la buena marcha de los trabajos y la óptima utilización de las superficies reservadas a parques.
- La eventual inspección de los embalajes y otras condiciones de trabajo.
- La eventual colaboración de la Propiedad en la resolución de los problemas de transporte que puedan resultar de volúmenes o pesos excesivos, en especial cuando su resolución dependa de Organismos Oficiales de Estado.

La aceptación por parte de la Propiedad de los embalajes, acondicionamiento y medios de transporte no exime de su responsabilidad el Adjudicatario en lo que respecta al

transporte, así como al funcionamiento y duración de los materiales y equipos expedidos.

Los embalajes de los materiales y equipos entregados en las instalaciones de la obra pasarán a ser dominio de la Propiedad después de su utilización.

El Adjudicatario deberá prever que la Propiedad reciba para cada expedición, con antelación suficiente, una lista de embalajes con indicación de los respectivos contenidos, pesos, dimensiones y marcas, permitiendo una identificación fácil y correcta.

### **7.3. Seguros de transporte**

El seguro de materiales y equipos en tránsito será efectuado por el Adjudicatario, a no ser que la Propiedad haga constar expresamente que suscribirá un seguro por su cuenta.

### **7.4. Importación de materiales y equipos**

Los trámites aduaneros de los equipos fabricados en el extranjero y de los materiales (partes, piezas o accesorios) destinados a ser incorporados a los equipos fabricados en España, serán hechos en nombre de la Propiedad por el Adjudicatario.

En caso de que el Adjudicatario no pudiese llevar a cabo los trámites citados en la cláusula anterior, la Propiedad llevará a cabo la tramitación y despacho en aduanas de los materiales importados, por cuenta del Adjudicatario.

El Adjudicatario obtendrá a su debido tiempo la documentación necesaria para la importación y para el paso en tránsito por un tercer país, en caso de que fuese necesario.

El Adjudicatario deberá comunicar por escrito a la Propiedad, por cada fabricante extranjero y en relación con el equipo a importar, los siguientes elementos: designación, peso líquido, valor, procedencia y moneda de pago.

El Adjudicatario deberá obtener a su debido tiempo la documentación necesaria para que los trámites aduaneros se efectúen en las mejores condiciones, independientemente de que la Propiedad gestione, si procede, la exención de derechos de importación.

## **8. ORGANIZACIÓN DE LAS OBRAS**

### **8.1. Dirección de las obras y representación del adjudicatario**

La Dirección del conjunto de las obras estará a cargo del personal técnico de la Propiedad. Se hará saber al Adjudicatario quién es el Ingeniero Encargado o Director Técnico de las obras, cuyas principales funciones, que afectan fundamentalmente a las relaciones con el Adjudicatario, son:

- Exigir al Adjudicatario, directamente a través del personal a sus órdenes, el cumplimiento de las condiciones contractuales.
- Garantizar la ejecución de las obras con estricta sujeción al proyecto aprobado, o modificaciones debidamente autorizadas, y el cumplimiento del programa de trabajos.
- Definir aquellas condiciones técnicas que el presente Pliego de Condiciones deje a su decisión.
- Resolver todas las ecuaciones técnicas que surjan en cuanto a interpretación de planos, condiciones de materiales y de ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones del contrato.
- Estudiar las incidencias o problemas planteados en los trabajos que impidan el normal cumplimiento del contrato o aconsejen su modificación, tramitando en su caso, las propuestas correspondientes.
- Proponer las actuaciones procedentes para obtener, de los organismos oficiales y de los particulares, los permisos y autorizaciones necesarios para la ejecución de las obras y ocupación de los bienes afectados por ellas, y resolver los problemas planteados por los servicios y servidumbres relacionados con las mismas.
- Asumir personalmente y bajo su responsabilidad, en casos de urgencia o gravedad, la dirección inmediata de determinadas operaciones o trabajos en curso, para lo cual el Adjudicatario deberá poner a su disposición el personal y material de la obra.
- Participar en las recepciones provisional o definitiva y redactar la liquidación de las obras, conforme a las normas legales establecidas.

El Adjudicatario estará obligado a prestar su colaboración al Ingeniero Director para el normal cumplimiento de las funciones a éste encomendadas.

Antes de iniciarse los trabajos, el Adjudicatario deberá indicar a la Propiedad el nombre de su representante al frente de los mismos, que actuará como Jefe de Montaje, tanto en los aspectos técnicos como económicos. Los poderes del Jefe de Montaje deben ser lo suficientemente amplios para recibir y resolver en consecuencia las comunicaciones y órdenes de la Propiedad. En ningún momento servirá de excusa al Adjudicatario la ausencia de su representante a pie de obra.

También antes del comienzo de las obras, el Adjudicatario deberá presentar para su aprobación la relación nominal del personal técnico que se ocupará de la ejecución de los montajes, indicando las funciones a desarrollar por cada uno de ellos.

La Propiedad se reserva el derecho a recusar al Jefe o a cualquier otro técnico destinado por el Adjudicatario en la obra durante el desarrollo de los trabajos, viéndose éste obligado a sustituirlo por otro de igual categoría en un plazo de treinta días.

En caso de que, a juicio de la Propiedad, el personal técnico designado por el Adjudicatario no sea suficiente para la buena marcha de los trabajos, éste quedará obligado a contemplar su organización con el número de técnicos que fuese necesario según el criterio de la Propiedad.

## **8.2. Terrenos para la ejecución de las obras**

La Propiedad señalará al Adjudicatario los límites de los terrenos de su propiedad de los cuales le permite montar sus instalaciones, y dará acceso a los mismos. Todo esto aparecerá reflejado en los planos que se entreguen a los concursantes para el estudio de las ofertas.

Se supone en el Adjudicatario un conocimiento perfecto de la disposición del conjunto de terrenos, de la importancia y situación de los trabajos objeto del contrato, de la naturaleza y estado de los terrenos, de los emplazamientos reservados para las obras, de los medios de acceso y de las condiciones climáticas de la región, en especial de aquellas que pueden afectar a los trabajos.

La obligación de la Propiedad en cuanto entrega de terrenos necesarios queda limitada a las parcelas que figuran y se reseñan en los planos que se entregan a los concursantes con la petición de oferta, debiendo además estos últimos definir lo que se entiende por la zona de montaje.

Si por conveniencia del Adjudicatario éste dejase disponer de otros terrenos distintos de los figurados y reseñados en los planos mencionados en el párrafo anterior, correrá por su cuenta la adquisición o la obtención de las autorizaciones pertinentes, debiendo el Adjudicatario someter previamente a la aprobación de la Propiedad las modalidades de adquisición o de obtención de la autorización oportuna.

El Adjudicatario se hará responsable de los daños que pueda causar en las vías públicas y en los caminos de acceso si éstos son de particulares o de la propiedad. Del mismo modo, está en la obligación de cumplir todas las limitaciones y solicitar los permisos de transportes especiales, etc. En cualquier caso, el Adjudicatario responderá por todos los perjuicios que, como consecuencia del contrato, se puedan causar a terceras personas en bienes muebles, inmuebles, cosechas, etc., siendo de su competencia las reclamaciones que puedan formularse como consecuencia de dichos perjuicios.

### **8.3. Instalaciones auxiliares**

En caso de que la obra se construya en una zona en la que la Propiedad distribuya energía eléctrica, ésta facilitará al Adjudicatario la potencia necesaria para sus instalaciones y le comunicará la cantidad que le cobrará por la energía consumida. La red de distribución de energía en las zonas de obra será por cuenta del Adjudicatario, deberá estar constituida por cables aislados y no deberá interferir en otros trabajos en marcha, por lo que su instalación deberá ser previamente autorizada por la Propiedad en caso de estar ubicada en el recinto de la obra, debiendo cumplir todas las normas y reglamentos oficiales vigentes.

El abastecimiento de agua y de aire comprimido necesario para la obra será cuenta del Adjudicatario y su instalación deberá cumplir las normas y reglamentos oficiales en vigor.

La Propiedad podrá facilitar, en caso de disponer de los mismos, materiales y medios auxiliares en las condiciones que se establezcan.

Serán por cuenta y responsabilidad del Adjudicatario:

- Los medios y materiales necesarios para la construcción, desmontaje, demolición o retirada en el plazo que se le indique, de sus instalaciones en obra tales como oficinas, almacenes, comedores, etc.
- Los medios para asegurar la vigencia y conservación del material almacenado en obra o curso de montaje.
- Todas las herramientas o medios necesarios para la ejecución del montaje, tales como andamios, escaleras, diferenciales, etc., y materiales de consumos de corriente como electrodos, etc.
- Todos los ensayos de componentes o materias primas que se estimen necesarios en curso de montaje, sean elaborados tanto en el laboratorio de obra como en ajenos.
- Las diligencias o gastos necesarios para la realización de las operaciones normales de inspección por parte de los organismos oficiales.

El Adjudicatario no podrá ampararse, para eludir las obligaciones del contrato, en las dificultades que puedan ser ocasionadas por la ejecución simultánea de otros trabajos o instalaciones confiadas por la Propiedad a otros contratistas o suministradores que intervengan en la realización del mismo proyecto.

El Adjudicatario no podrá reclamar si en el curso de los trabajos y para el adecuado cumplimiento del contrato fuese preciso aumentar la importancia de su material, en calidad y cantidad, respecto a sus previsiones iniciales. De cada nueva aportación de

maquinaria se formalizará una nota análoga a la que forma parte del contrato para la maquinaria y útiles aportados inicialmente, que será unida como anexo al contrato.

Sin embargo, cuando el Adjudicatario se vea obligado a poner en servicio material suplementario para responder, bien a circunstancias imprevistas en el contrato, o bien a causas de fuerza mayor debidamente comprobadas y en cualquiera de ambos casos reconocidas previamente por la Propiedad, la utilización de ese material será de abono por aplicación de precios complementarios establecidos de común acuerdo, conforme a las disposiciones que se fijan en el presente Pliego de Condiciones.

#### **8.4. Relación entre la Propiedad y el Adjudicatario**

El Adjudicatario está obligado a suministrar, en cualquier momento, toda la información relativa a la ejecución del contrato que la Propiedad juzgue necesario conocer por causa de las posibles incidencias de los trabajos al Adjudicatario sobre los de otros contratistas o suministradores.

En ningún caso las peticiones de información dirigidas al Adjudicatario por la Propiedad supondrán una injerencia de la Propiedad en la ejecución del contrato, ni entrañarán una participación de la Propiedad en la responsabilidad del Adjudicatario. Estas peticiones tendrán únicamente un carácter informativo.

En todo caso, el Adjudicatario es el único responsable del ejercicio de la función que le es propia, en orden a las obligaciones del contrato.

Siempre que sea requerido, el Adjudicatario, o a efectos su representante, deberá presentarse en el domicilio de la Propiedad de la obra con el fin de que no pueda imputarse su ausencia como causa de retraso o suspensión del cumplimiento de las órdenes de la Propiedad.

La coordinación de las actividades del Adjudicatario necesarias para la ejecución del suministro con la de otros contratistas de la Propiedad o con cualquier entidad ajena al contrato con la que haya necesidad de tratar, es competencia de la Propiedad.

Siempre que el Adjudicatario establezca contacto con otros contratistas de la Propiedad para tratar asuntos relativos a la buena ejecución del suministro, estará obligado a enviar a la Propiedad copias de las comunicaciones y correspondencia producida, de forma que las decisiones tomadas durante tales contactos tan sólo se harán efectivas de ser aprobadas por escrito por la Propiedad.

Si como consecuencia de los anteriores contactos surgiesen diferencias o dificultades, el Adjudicatario deberá pedir una reunión con la Propiedad o sus representantes, que las resolverán con arreglo a los contratos establecidos con las partes implicadas. Las

reuniones de esta naturaleza deberán ser solicitadas con una antelación de al menos diez días.

La Propiedad, siempre que lo juzgue conveniente, convocará a iniciativa suya o a petición del Adjudicatario, reuniones con éste, y de ser necesario con otros contratantes, a fin de discutir y resolver de acuerdo con el programa de trabajos aprobado, los problemas que resulten de la coordinación de las obras en curso, de la ocupación sucesiva de locales en la obra, de la disponibilidad de medios de utilización común y otros.

Cuando varios contratistas y suministradores utilicen las instalaciones generales pertenecientes a uno de ellos, se pondrán de acuerdo sobre este uso suplementario y el reparto de gastos correspondiente.

La Propiedad deberá estar permanentemente informada de los acuerdos a los que lleguen los distintos contratistas o suministradores para, en el caso de presentarse dificultades o diferencias, tomar la resolución que proceda o actuar como árbitro. La decisión es obligatoria para los interesados. En ningún caso la Propiedad deberá encontrarse durante los trabajos en presencia de una situación derivada de una falta de información por parte del Adjudicatario o de los otros suministradores o contratistas de las obras.

Cuando varios contratistas y suministradores trabajen en la misma obra, cada uno de ellos es responsable de los daños y perjuicios de toda clase que puedan derivarse de su propia actuación.

### **8.5. Subcontratación de obras**

A menos que el contrato disponga lo contrario o de que su naturaleza y condiciones se deduzca que la obra ha de ser ejecutada directamente por el Adjudicatario, este último podrá contratar con terceros la realización de determinadas unidades de obra, cumpliendo para ello los siguientes requisitos:

- Notificar por escrito al Ingeniero del subcontrato las partes de obra a realizar y las condiciones económicas, de modo que éste las pueda autorizar previamente.
- Las unidades de obra que el Adjudicatario contrate con terceros no deben exceder el 50% del presupuesto total de la obra principal.

La subcontratación deberá siempre supeditarse a la autorización previa por parte de la Propiedad.

En cualquier caso, la Propiedad no quedará vinculada en absoluto, ni reconocerá ninguna obligación contractual entre ella y el Subcontratista, de forma que cualquier

subcontratación de obra no eximirá al Adjudicatario de ninguna de sus obligaciones respecto a la Propiedad.

## **8.6. Personal del montaje**

Es por cuenta y responsabilidad del Adjudicatario el reclutamiento de todo el personal especializado, no especializado y auxiliar para la dirección y ejecución del montaje, así como todos los gastos de ese personal, tales como viajes, alojamientos, dietas, desplazamientos del; alojamiento en obra y desplazamientos dentro de la propia obra.

Cualquiera que sea la nacionalidad del Adjudicatario, el reclutamiento de personal deberá cumplir las leyes en vigor.

Si el Adjudicatario emplea en obra personal extranjero, será de su cuenta y cargo la obtención de las condiciones necesarias para que pueda trabajar en España.

Todos los trabajadores, independientemente de su nacionalidad, acatarán las leyes laborales vigentes en cuanto a horarios, seguros sociales, etc., además de aquellas de carácter general que estén vigentes para el personal de la obra.

Al frente de cada trabajo de montaje el Adjudicatario deberá tener, a pie de obra, un técnico titulado de cualquier especialidad o condición que pueda acreditar de forma satisfactoria ante la Propiedad su competencia en la clase de trabajos que desempeñe.

El Adjudicatario es responsable de los fraudes o malversaciones que sean cometidas por su personal en el suministro o empleo de materiales.

El número de trabajadores de cada profesión deberá ser siempre proporcionado a la cantidad y obra a ejecutar, teniendo en cuenta los plazos fijados.

El Adjudicatario deberá remitir a la Propiedad siempre que lo solicite, una relación del personal presente en la obra, clasificado por categoría profesional.

El Adjudicatario está obligado a mantener la disciplina y el orden en los lugares de trabajo.

La Propiedad se reserva el derecho a exigir la retirada de la obra de cualquier operario al servicio del Adjudicatario, por motivo de falta de obediencia y respeto, o a causa de actos que comprometa o perturben, a juicio de la misma, la marcha de los trabajos.

El Adjudicatario podrá recurrir si se entendiese que no hay motivo fundado para dicha prohibición.

## **8.7. Seguros y asistencia médica**

El Adjudicatario no podrá comenzar los trabajos sin justificar previamente ante la Propiedad, tener cubiertos los seguros por accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, de acuerdo con la legislación vigente.

El Adjudicatario asegurará por sí o por medio de Compañía de Seguros adecuada, la prestación de asistencia médica o de enfermedad al personal.

El Adjudicatario es responsable de las condiciones de seguridad de los trabajos, estando obligado a adoptar y hacer aplicar, a su costa, las disposiciones vigentes sobre esta materia, las medidas que dicten la Inspección de Trabajo y demás organismos competentes y las normas de seguridad que correspondan a las características de las obras contratadas.

Con objeto de organizar colectivamente y de inspeccionar la seguridad y la higiene de las obras, todos los contratistas que trabajen en las mismas deberán, por indicación de la Propiedad, agruparse en el seno de una Junta Central de Seguridad, formada por los representantes de las empresas, Junta que tendrá por misión coordinar las medidas de seguridad adoptadas por los comités u organizaciones de seguridad de cada una de las empresas.

## **9. ABONO DE LAS OBRAS**

### **9.1. Definición de precios**

Los gastos de bienes y servicios objeto de suministro, serán expresados en euros y cubrirán la fabricación, el suministro y el montaje de todos los equipos ensayados y en funcionamiento, así como los repuestos y servicios adicionales que se especifiquen.

Los gastos de primer establecimiento y desmontaje y retirada de las instalaciones de obra, estarán incluidos en el precio del suministro.

Todos los precios unitarios o globales comprenden, sin excepción ni reserva, además del beneficio del Adjudicatario, la totalidad de los gastos y cargas ocasionadas por la ejecución en los plazos establecidos de los trabajos correspondientes a cada uno de ellos, incluidos los que resulten de las obligaciones impuestas al Adjudicatario por los diferentes documentos del contrato y por el presente Pliego de Condiciones.

El precio de los materiales y equipos que componen el suministro comprenderá:

- Coste en factoría de los materiales y equipos, sean de procedencia nacional o extranjera, incluido el embalaje adecuado.
- Coste del transporte de factoría a pie de obra y distribución dentro de ésta.
- Coste del seguro de transporte.
- Coste unitario de las piezas de repuesto que se establezcan.

En el precio de materiales y equipos estarán incluidos los estudios de fabricación, dibujos, esquemas eléctricos, etc., así como los derechos de patente, y demás que puedan incidir sobre los mismos, quedando la Propiedad libre de cualquier exigencia por parte de terceros sobre los citados derechos.

En el precio del transporte estarán incluidos cargas, descargas, transbordos, colocación en parque o almacén, incluso guarda, así como los gastos correspondientes a derechos aduaneros o permisos de importación, en caso de haberlos.

El coste y montaje incluirá los gastos de instrucción y adiestramiento del personal de la Propiedad que se hará cargo de la explotación de las instalaciones, el precio de los seguros y los ensayos de los equipos e instalaciones realizados, siguiendo las pautas fijadas en el presente Pliego, al finalizar el montaje.

### **9.2. Prestaciones accesorias y trabajos por admisión**

El Adjudicatario está obligado a realizar, a título accesorio, trabajos de pequeña importancia y prestaciones complementarias en régimen de Administración.

### Documento III. Pliego de condiciones

Los trabajos realizados en régimen de Administración se liquidarán de la siguiente forma:

- a) Empleo de mano de obra y materiales: el importe a abonar por estos conceptos viene dado por la fórmula:

$$I = (J + M) \cdot \frac{(100 + n)}{100} \quad [1]$$

donde,

*J*: es el importe total de la mano de obra, obtenido aplicando al total de horas trabajadas por personal obrero de cada categoría, directamente empleado en estos trabajos, la tarifa media horaria correspondiente, según baremo establecido, incluyendo jornales, cargas sociales, gastos de alojamiento y porcentaje de útiles y herramientas.

*M*: es el precio pagado según factura de los materiales y suministros utilizados en estos trabajos, incluido el transporte hasta almacén de obra.

*n*: es el porcentaje de aumento sobre los conceptos anteriores, que cubre los demás gastos, gastos generales y beneficio. Este valor se fijará en el contrato y será siempre menor o igual que 20.

- b) Empleo de equipo auxiliar: la mano de obra directa, combustibles y energía correspondientes al empleo de maquinaria o equipo auxiliar del Adjudicatario, para la ejecución de trabajos o prestaciones de servicios pagados por la Administración, se abonará al Adjudicatario por aplicación de las fórmulas anteriores.

Además se abonará al Adjudicatario una remuneración según tarifa, expresada en tanto por mil, en concepto de utilización de la maquinaria, incluyendo los gastos de conservación, reparaciones y cambios.

Se empleará una o varias tarifas según el tipo de maquinaria, expresados siempre en tanto por mil del valor de la máquina por hora efectiva de utilización (o bien por día natural de utilización).

Cuando se decida de común acuerdo traer a la obra nueva maquinaria, especialmente para trabajos por Administración, se empleará también la fórmula anterior, pero se asegurará al Adjudicatario una remuneración diaria mínima en concepto de inmovilización expresada también en un tanto por mil del valor de la máquina, por día natural de inmovilización.

Además, en este caso, se abonará al Adjudicatario el transporte de la maquinaria a obra, ida y vuelta, y los gastos de montaje y desmontaje, si los hubiere, según la fórmula indicada en el apartado anterior.

Cuando una máquina sea utilizada con posterioridad a la fecha en que su empleo era necesario para terminar los trabajos objeto del presente Contrato, a partir de la misma se asegurará al Adjudicatario la percepción del mínimo de inmovilización antes señalado.

Los importes obtenidos por todas las expresiones anteriores se incrementarán también en el mismo porcentaje  $n$  anteriormente citado, que cubre los demás gastos, gastos generales y beneficio.

El Convenio de Adjudicación o el Pliego de Condiciones Particulares establecerán los detalles complementarios que sean precisos.

### **9.3. Trabajos no previstos**

Cuando se juzgue necesario ejecutar trabajos no previstos, se prepararán los precios contradictorios correspondientes, teniendo en cuenta los del contrato o, por asimilación, los de obras semejantes. Los nuevos precios se basarán en las mismas condiciones económicas que los precios del contrato.

A falta de mutuo acuerdo y en espera de la solución de la discrepancia, se liquidará provisionalmente al Adjudicatario en base a los precios fijados por la Propiedad.

Si no hubiese conformidad en la fijación de dichos precios entre la Propiedad y el Adjudicatario, éste quedará relegado de la construcción de la parte de la obra de que se trate, sin derecho a indemnización de ninguna clase. En esta situación en la que, a juicio de la Propiedad, sea imposible el fijar nuevos precios, o así le convenga a esta última, corresponderá únicamente a ella la decisión de abandonar excepcionalmente los trabajos en régimen de administración.

Cuando se proceda al empleo de los materiales o ejecución de las obras de que se trate, sin la previa aprobación de los precios que hayan de aplicárseles, se entenderá que el Adjudicatario se conforma con los que le fije la Propiedad.

### **9.4. Revisión de precios**

En caso de variación de las condiciones económicas en el curso de la ejecución del contrato, los precios establecidos serán revisados por la aplicación de la fórmula general:

$$P = P_0 \cdot K \quad [2]$$

donde

$P$  es el precio de origen a revisar.

$P_0$  es el nuevo valor del precio  $P$  después de la revisión.

$K$  es un coeficiente de la forma:

$$K = 0,15 + a \cdot \frac{H_i}{H_0} + b \cdot \frac{M_i}{M_0} \quad [3]$$

donde

$a$  y  $b$ : son coeficientes de influencia que cumplen la característica de que  $(a+b)=0,85$ .

$H_0$  y  $H_i$ : son los índices correspondientes a mano de obra en la fecha de presentación de la oferta y en el período en el curso del que se ha calculado la revisión, respectivamente

$M_0$  y  $M_i$ : son los índices correspondientes a materiales en la fecha de presentación de ofertas y en el período en el curso del cual se ha calculado la revisión, respectivamente.

Los índices que han de utilizarse en la formulación de las expresiones de revisión serán los índices oficiales de precios sometidos mensualmente a la aprobación del Gobierno por el Comité Superior de Precios de Contratos del Estado y publicados en el Boletín Oficial del Estado.

Para un mismo contrato se pueden prever uno o varios coeficientes  $K$ , aplicándose cada uno de ellos a un determinado grupo de precios.

La revisión de los precios se realizará únicamente en caso de producirse variaciones en los índices previstos en cada caso.

La Propiedad establecerá en cada caso particular la fórmula o fórmulas de revisión a emplear y las normas complementarias de aplicación de las mismas. Salvo que se indique lo contrario, serán de aplicación las fórmulas oficiales aplicables a las obras realizadas para el Estado que aparecen en las memorias de Comisión de Precios, publicadas periódicamente por el Ministerio de Obras Públicas.

Si los trabajos no han terminado al final del plazo global de ejecución previsto en el Convenio, prolongados, si da lugar, en un tiempo igual al de los retrasos reconocidos y aceptados por la Propiedad, resultantes de circunstancias no imputables al Adjudicatario, los coeficientes  $K$  a utilizar en la continuación de las obras no podrán en ningún momento ser superiores a los alcanzados en la época de terminación del plazo. Todos los valores inferiores de estos índices, serán, por el contrario, aplicados a partir de la época en la que los mismos se hayan comprobado.

En principio, no serán revisables más que los precios que se refieran a prestaciones efectuadas en territorio español.

Además, cuando estos precios contengan elementos que dependan de un sistema económico, su revisión se limitará únicamente a la fracción de cada uno de ellos que dependa de las variaciones económicas comprobadas en España.

Si el contrato prevé excepcionalmente la revisión de los precios que dependan en su totalidad o en parte de un sistema económico extranjero, el importe revisado por medio de las fórmulas contractuales previstas a este efecto estará limitado al valor obtenido:

- Convirtiendo el precio inicial, cuando esté fijado en divisas extranjeras, en euros, al tipo de cambio aplicable en la fecha de referencia de precios.
- Aplicando al precio inicial, expresado en euros, la fórmula de revisión contractual, después de haber reemplazado los índices en vigor en el país extranjero por los índices o tipos de la misma naturaleza establecidos en el contrato.
- Convirtiendo, en su caso, el importe obtenido en divisas al cambio aplicable en las fechas de revisión.

## **9.5. Condiciones de pago**

A efectos de pago de los diferentes equipos y servicios objeto del contrato, serán consideradas las partidas siguientes:

- Equipo y materiales entregados en el local de montaje.
- Montaje e instrucción del personal de explotación de la Propiedad.

En el contrato figurará una cláusula en la que se indique claramente la forma en que la Propiedad efectuará los pagos del equipo y materiales.

El coste del montaje será abonado totalmente en la fecha de recepción definitiva de las instalaciones, salvo que se especifique otro acuerdo en el contrato.

En el contrato se indicará el porcentaje sobre el coste total de suministros y servicios prestados por el Adjudicatario, que no se abonarán hasta la terminación del plazo de garantía.

## **9.6. Penalizaciones**

Podrán aplicarse penalizaciones al Adjudicatario, e incluso podrá decidirse la rescisión del contrato en los siguientes casos:

### Documento III. Pliego de condiciones

- Si no se respetan las fechas finales o intermedias del programa general de trabajos aprobado.
- Si se retrasa la entrega de la documentación técnica.
- Si el equipo, o parte de él, no fuese capaz de asegurar normalmente el servicio industrial para el cual fue concebida y especificado.
- Si los resultados de las medidas y ensayos no correspondieran a los valores garantizados.

Aparte de la posibilidad de rescisión del contrato, el Adjudicatario tomará a su cargo los gastos ocasionados por sus retrasos.

Las penalizaciones o rescisión del contrato a que se ha hecho referencia, serán aplicadas después de comprobar la Propiedad la imposibilidad por parte del Adjudicatario de corregir las faltas o defectos verificados y los desvíos medidos, y después de haber introducido en el plazo autorizado por la Propiedad las modificaciones del equipo y que sin que, entretanto, se produjesen perjuicios directos o indirectos a la propiedad. La cuantía de las penalizaciones será determinada y calculada en cada caso particular en función del perjuicio causado a la Propiedad.

La Propiedad notificará al Adjudicatario, mediante carta certificada con acuse de recibo, la aplicación de penalizaciones.

#### **9.7. Indemnización a favor del Adjudicatario**

Únicamente tendrá derecho el Adjudicatario a una indemnización en su favor en caso de pérdidas, averías y daños imputables a la Propiedad y debidamente comprobados, y eventualmente cuando éstos sean imputables a causa de fuerza mayor.

El Adjudicatario adoptará las disposiciones necesarias, a su cuenta y riesgo, para que su material e instalaciones no puedan sufrir daños o perjuicios como consecuencia de fenómenos naturales previsibles de acuerdo con la situación u orientación de la obra.

En el supuesto de que el Adjudicatario estime que existen causas de fuerza mayor, comunicará por escrito este hecho a la propiedad en un plazo máximo de diez días después de darse las circunstancias. La Propiedad se reserva el derecho de fijar en cada caso las indemnizaciones que puedan concederse al Adjudicatario y decidir si el motivo por el que reclama la indemnización puede incluirse en lo reseñado en el primer párrafo de este apartado. Pasados diez días no se admitirá ninguna reclamación procedente del Adjudicatario.

Se considerarán a estos efectos como causas mayores las indicadas en el Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas.

## **9.8. Rescisión del contrato**

En el caso de que la Propiedad ordene el cese absoluto de los trabajos, el contrato queda inmediatamente rescindido. Si la Propiedad ordena su aplazamiento por más de un año, sean antes o después del comienzo de las obras, el Adjudicatario tiene derecho a la rescisión del contrato, si lo solicita por escrito, sin que ello tenga perjuicio alguno sobre la indemnización que tanto en un caso como en otro le corresponda, si hay lugar a ello.

No se aceptará la petición de rescisión por parte del Adjudicatario cuando sea presentada en un plazo superior a los cuatro meses a partir de la fecha de notificación de la orden de servicio prescribiendo el cese o aplazamiento de los trabajos.

Si la Propiedad ordena el aplazamiento de los trabajos durante un período menor a un año, el Adjudicatario no tendrá derecho a rescisión, pero sí a una indemnización en caso de perjuicios debidamente constatados. En el caso de que se hubiesen empezado los trabajos, el Adjudicatario puede requerir que se proceda a la recepción provisional de las obras acabadas y en estado de ser recibidas y, una vez transcurrido el plazo de garantía, a la recepción definitiva.

En caso de fallecimiento del Adjudicatario, el contrato será revocado de pleno derecho, salvo que los herederos se comprometan por escrito a cumplir el contrato en vigor, sin incorporar en él modificación alguna.

En caso de quiebra o de suspensión de pagos por parte del Adjudicatario, el contrato queda inmediatamente rescindido de pleno derecho, bastando para ello que la Propiedad lo notifique de forma fehaciente en el plazo de dos meses a partir de la publicación legal de la declaración de quiebra o de la suspensión de pagos.

En todo momento las medidas de conservación o de seguridad cuya urgencia sea manifiesta, serán tomadas de oficio por la Propiedad con cargo al Adjudicatario, sin perjuicio de la decisión definitiva del tribunal.

Cuando el Adjudicatario no dé cumplimiento, sea a las disposiciones u obligaciones del contrato o a las órdenes dadas por la Propiedad, éste se exhortará a cumplir estos requisitos o demandas en un plazo determinado que, salvo en casos de urgencia, no será menor de diez días de la notificación de la intimación. Pasado este plazo, si el Adjudicatario no ha ejecutado las disposiciones prescritas la Propiedad podrá ordenar, a título provisional, el establecimiento de un régimen de intervención general o parcial por cuenta del Adjudicatario.

Se procederá inmediatamente, en presencia del Adjudicatario o habiéndose convocado debidamente, a la comprobación de los trabajos realizados, de los materiales acopiados, así como al inventario descriptivo de su material y a la devolución a éste de la parte de los materiales que no utilizará la Propiedad para la terminación de los trabajos.

### Documento III. Pliego de condiciones

La Propiedad tiene, por otra parte, la facultad bien de ordenar la convocatoria de un nuevo concurso, en principio sobre petición de ofertas (por cuenta y riesgo del Adjudicatario insumiso), bien de ejecutar el derecho de rescisión de contrato o bien de prescribir la continuación de la intervención.

Durante el período del régimen de intervención, el Adjudicatario podrá conocer la marcha de los trabajos, sin que pueda, de ninguna manera, entorpecer o dificultar las órdenes de la Propiedad.

El Adjudicatario podrá ser liberado del régimen de intervención si justifica su capacidad para volver a hacerse cargo de los trabajos y llevarlos a buen fin.

Los excedentes de gastos que resulten de la intervención o del nuevo contrato, serán deducidos de las sumas que puedan ser debidas al Adjudicatario, sin perjuicio de los derechos a ejercer contra él en caso de ser insuficientes.

Si la intervención o el nuevo contrato suponen, por el contrario, una disminución de gastos, el Adjudicatario no podrá pretender beneficiarse de ninguna parte de la diferencia, que quedará a favor de la Propiedad.

En todos los casos de rescisión se procederá con el Adjudicatario o sus derechohabientes presentes o debidamente convocados, a la comprobación de los trabajos realizados, al inventario de los materiales acopiados, así como al inventario descriptivo de la maquinaria y de la instalación de la obra.

Cuando se dé la rescisión de la obra por otros conceptos que no sea la petición de ésta por parte de la Propiedad, ésta última entidad puede exigir al Adjudicatario que mantenga en obra todo o parte de sus instalaciones generales o de su material, con el fin de poder disponer libremente la prosecución de los trabajos, encargando su ejecución, de estimarlo conveniente, a otra empresa. Las instalaciones, maquinaria, etc., que la Propiedad decida que deben permanecer en obra, podrán ser utilizadas por ésta o por otra empresa de su elección hasta la terminación de las obras objeto del contrato rescindido, sin pago alguno por parte de la Propiedad o de dicha empresa designada en concepto de alquiler, amortización, etc.

Los materiales existentes de la obra y que la Propiedad decida utilizar en la terminación de las obras, serán abonados según los precios incluidos en el contrato anulado o según los que se fijen en su peritaje.

En los casos de rescisión por decisión de la Propiedad, se acordará entre ésta y el Adjudicatario qué instalaciones deben permanecer en la obra y la indemnización a pagar por la Propiedad en ese concepto.

En ningún caso podrá el Adjudicatario retirar de la obra maquinaria, materiales, instalaciones, etc., sin la autorización por escrito de la Propiedad. En casos de rescisión del contrato, la Propiedad le comunicará en un plazo de cuatro meses a partir de la fecha de rescisión las instalaciones, maquinaria, materiales, etc., que deben permanecer en la obra. También le indicará el plazo en que se deben retirar de la obra las instalaciones, maquinaria, materiales, etc., que la Propiedad no vaya a emplear en la terminación de los trabajos.

Debe indicarse que todas las menciones del Adjudicatario realizadas bajo este epígrafe pueden ser sustituidas, de darse el caso, por sus derechos – habientes.

## **9.9. Legislación**

Las leyes españolas regularán las fases de concurso y establecimiento del contrato.

El Adjudicatario queda obligado a respetar las disposiciones generales prescritas en la legislación española vigente aplicables a la ejecución del contrato y a acatar las consecuencias de su incumplimiento.

El Adjudicatario y la Propiedad acuerdan someter la resolución de todas las divergencias, controversias y discrepancias que pueda dar lugar la interpretación o la ejecución del contrato de las obras, al juicio arbitral del derecho privado, de acuerdo con las normas establecidas en la Ley del 22 de diciembre de 1983.

El arbitraje será de equidad. Los árbitros resolverán sobre los puntos concretos que se sometan a su decisión en la correspondiente escritura notarial de formalización de compromiso y dentro del plazo que en la misma se señale.

Los honorarios de los árbitros serán sufragados a partes iguales entre el Adjudicatario y la Propiedad. Contra el laudo emitido por los árbitros, con arreglo a su leal saber y entender, únicamente cabrá recurso de nulidad ante la Sala del Tribunal Supremo, por los motivos que se indican en el párrafo 3º del artículo 1696 de la Ley de Enjuiciamiento Civil.

# Pliego de condiciones particulares

## ÍNDICE

1. DISPOSICIONES GENERALES.....	55
1.1. Objeto.....	55
2. EDIFICACIÓN .....	56
2.1. Condiciones generales.....	56
2.1.1. Calidad de los materiales .....	56
2.1.2. Pruebas y ensayos de materiales .....	56
2.1.3. Materiales no previstos en el proyecto .....	56
2.1.4. Condiciones generales de ejecución de las obras.....	56
2.2. Condiciones a cumplir por los materiales .....	56
2.2.1. Materiales para hormigones y morteros .....	56
2.2.2. Aceros .....	58
2.2.3. Materiales auxiliares para el hormigón .....	59
2.2.4. Encofrados y cimbras .....	59
2.2.5. Aglomerantes excluido el cemento .....	60
2.2.6. Materiales para fábrica.....	61
2.2.7. Pintura .....	61
2.2.8. Colores, aceites y barnices .....	61
2.2.9. Fontanería.....	62
2.3. Condiciones para la ejecución de las obras .....	62
2.3.1. Movimiento de tierras .....	62
2.3.2. Hormigón .....	64
2.3.3. Morteros .....	67
2.3.4. Encofrados .....	68
2.3.5. Armaduras .....	69
2.3.6. Albañilería.....	69
2.3.7. Carpintería metálica .....	70
2.3.8. Pintura .....	71
2.4. Control de la obra.....	71
2.4.1. Componentes del hormigón .....	72
2.4.2. Hormigón .....	72
2.4.3. Armaduras .....	72

## Documento III. Pliego de condiciones

2.4.4. Formas y disposición.....	72
2.4.5. Ensayos informativos .....	72
2.5. Instrucción de hormigón estructural.....	72
2.5.1. Cemento .....	72
2.5.2. Agua de amasado .....	73
2.5.3. Áridos.....	73
2.6. Condiciones de protección contra incendios.....	73
2.6.1. Condiciones técnicas exigibles a los materiales.....	73
2.6.2. Condiciones técnicas exigibles a los elementos constructivos.....	73
<b>3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....</b>	<b>75</b>
3.1. Generalidades.....	75
3.2. Identificación .....	75
3.3. Conductores .....	75
3.4. Terminales.....	76
3.5. Instalación de aparatos .....	76
3.6. Cuadros de distribución.....	77
3.7. Instalaciones de fuerza y alumbrado .....	77
3.8. Equilibrio de fases.....	77
3.9. Acometida general .....	77
3.10. Caja de protección.....	78
3.11. Línea de reparto .....	78
3.12. Contadores .....	78
3.13. Derivaciones individuales .....	78
3.14. Instalación .....	78
3.15. Instalación de puesta a tierra .....	78
3.16. Inspecciones, pruebas y recepciones.....	79
<b>4. INSTALACIONES MECÁNICAS.....</b>	<b>80</b>
4.1. General.....	80
4.2. Materiales.....	81
4.2.1. Accesorios .....	81
4.2.2. Soportes.....	81
4.2.3. Recipientes a presión.....	81

## Documento III. Pliego de condiciones

4.3. Condiciones de ejecución.....	81
4.3.1. Tuberías y accesorios .....	81
4.3.2. Soportes y estructuras .....	85
4.4. Pinturas y aislamiento .....	87
4.4.1. Tuberías y accesorios .....	87
4.4.2. Soportes.....	87
4.5. Control de calidad. Inspección y pruebas.....	88
4.5.1. Requisitos generales.....	88
4.5.2. Pruebas y ensayos de tuberías.....	88
4.5.3. Pruebas hidrostáticas .....	90
4.5.4. Control dimensional .....	92
5. DOCUMENTACIÓN .....	93
6. EQUIPOS .....	94
6.1. Lista de equipos .....	94
6.2. Especificaciones de los equipos .....	95

## **1. DISPOSICIONES GENERALES**

### **1.1. Objeto**

El presente pliego de prescripciones técnicas tiene por objeto la ordenación de las condiciones técnico-facultativas que deben regir en la instalación de la planta descrita en este proyecto.

Las obras del proyecto consisten en la instalación de los equipos necesarios en una planta de fabricación de acrilonitrilo a partir de propileno, amoniaco y aire.

En lo referente a la definición y acabado de las distintas unidades de obra se deberá considerar que todos los trabajos, medios auxiliares y materiales que sean necesarios para la correcta ejecución y finalización de cualquier unidad de obra, según el criterio del Director de Obra, se consideran ya incluidos en el precio de la misma aun cuando no figuren especificados en la descomposición o descripción de los precios.

## **2. EDIFICACIÓN**

### **2.1. Condiciones generales**

#### **2.1.1. Calidad de los materiales**

Todos los materiales a emplear en la presente obra deberán ser de primera calidad, y deben reunir las condiciones exigidas vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

#### **2.1.2. Pruebas y ensayos de materiales**

Todos los materiales a los que se hace referencia en este Pliego, podrán ser sometidos a los análisis y pruebas que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro material que sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección de las obras, siendo rechazado en caso de no reunir las condiciones exigidas por la buena práctica de la construcción.

#### **2.1.3. Materiales no previstos en el proyecto**

Los materiales que no hayan sido previstos en el proyecto reunirán las condiciones de calidad necesarias, a juicio de la Dirección de Obra, no teniendo el Adjudicatario derecho a reclamación alguna por las condiciones exigidas.

#### **2.1.4. Condiciones generales de ejecución de las obras**

Todo los trabajos incluidos en el presente proyecto se realizarán con esmero, con arreglo a las buenas prácticas de construcción, de acuerdo a las condiciones establecidas en el Pliego de Condiciones de la Dirección General de Arquitectura de 1960, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección de Obra, no sirviendo por tanto como pretexto al Adjudicatario la baja puja, para cambiar la ejecución de las obras ni la primera calidad de los materiales ni de la mano de obra, ni emprender proyectos adicionales a los que tiene por objeto este documento.

### **2.2. Condiciones a cumplir por los materiales**

#### **2.2.1. Materiales para hormigones y morteros**

##### **2.2.1.1. Áridos**

La naturaleza de los áridos y su preparación será aquélla que garantice la adecuada resistencia del hormigón, así como las restantes características que se exijan a éste en el presente Pliego de Condiciones Particulares.

Como áridos para la fabricación del hormigón puede emplearse arena o grava existente en yacimientos naturales, u otros productos cuyo empleo se encuentre aceptado por la

práctica o resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en un laboratorio oficial. En cualquier caso cumplirá las condiciones de la EHE (Instrucción de Hormigón Estructural).

Cuando no se tengan antecedentes sobre la utilización de los áridos disponibles, o se vayan a utilizar para otras aplicaciones distintas de las aceptadas por la práctica, se realizarán ensayos de identificación mediante análisis mineralógicos, petrográficos, físicos o químicos, según convenga en cada caso.

En el caso de hacer uso de escorias siderúrgicas como árido, se comprobará previamente que son estables, es decir, que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos. Esta comprobación se efectúa con arreglo al método de ensayo UNE-7243.

Queda prohibido el uso de áridos que contengan sulfuros oxidables.

Se entiende por arena o árido fino al árido o fracción del mismo que pasa por un tamiz de 5mm de luz de malla. Por grava o árido grueso se entiende el que queda retenido en dicho tamiz. Finalmente, por árido total (o simplemente árido cuando no hay lugar a confusión), es aquel que posee las proporciones de arena y grava adecuadas para fabricar el hormigón necesario en el caso particular que se considere.

#### **2.2.1.2. Agua para amasado**

Deberá cumplir las siguientes prescripciones:

1. Acidez tal que el pH sea mayor que 5, según la norma UNE-7234.
2. Sustancias solubles, menos de quince gramos por litro (15 g/L), según la norma UNE-7130.
3. Sulfatos expresados en  $SO_4$ , menos de un gramo por litro (1g/L), según ensayo de la norma UNE-7131.
4. Ión cloro para hormigón con armaduras, menos de 6 g/L, según la norma UNE-71178.
5. Grasas o aceites de cualquier clase, menos de 15 g/L, según la norma UNE-7235.
6. Carencia absoluta de azúcares o carbohidratos según el ensayo de la norma UNE-7132.
7. Demás prescripciones de la EHE.

#### **2.2.1.3. Aditivos**

Se definen como aditivos a emplear en hormigones y morteros a aquellos productos, sólidos o líquidos, excepto cemento, áridos y agua, que mezclados durante el amasado mejoran las características del mortero o el hormigón, en especial en lo referente al fraguado, endurecimiento y plasticidad.

Se establecen los siguientes límites:

1. Si se emplea cloruro cálcico como acelerador, su dosificación será igual o menor al dos por ciento (2%) en peso de cemento, y si se trata de amasar con temperaturas muy bajas, del tres y medio por ciento (3,5%) en peso de cemento.
2. La proporción de aireante será mayor del cuatro por ciento (4%) en peso de cemento.
3. En el caso de emplear colorantes, la proporción será inferior al diez por ciento (10%) en peso de cemento. No se usarán colorantes orgánicos.
4. Cualquier otro que se derive de la aplicación de la EHE.

#### **2.2.1.4. Cementos**

Se entiende como un aglomerante hidráulico el que responde a alguna de las definiciones del Pliego de Prescripciones Técnicas General para la recepción de cementos del Real Decreto vigente.

Podrá ser almacenado en sacos o a granel. En el primer caso, el recipiente protegerá el cemento contra la intemperie y la humedad, tanto del suelo como de las paredes. Si se almacena a granel, no podrán mezclarse cementos de distintas calidades y procedencias.

Se exigirá al Adjudicatario la realización de ensayos que demuestren de modo satisfactorio que los cementos cumplen las condiciones exigidas. Las partidas de cemento defectuoso serán retiradas de la obra en un plazo máximo de ocho días. Los métodos de ensayo serán los detallados en el citado Pliego General de Condiciones para la recepción de conglomerantes hidráulicos. Se realizarán en laboratorios homologados.

Se tendrán en cuenta prioritariamente las determinaciones de la instrucción EHE.

#### **2.2.2. Aceros**

##### **2.2.2.1. Acero de alta adherencia en redondos para armaduras**

Se aceptarán aceros de alta adherencia que lleven el sello de conformidad CIETSID, homologado por el Ministerio de Fomento.

Estos aceros vendrán marcados de fábrica con señales indelebles para evitar confusiones en su empleo. No presentarán grietas, curvaturas, sopladuras, ni disminuciones de sección superiores a un 5%.

El módulo de elasticidad será igual o mayor a dos millones cien mil kilogramos por centímetro cuadrado ( $2.100.000 \text{ Kg/cm}^2$ ). Se entiende por límite elástico la mínima tensión capaz de producir una deformación permanente de dos décimas porcentuales

(0,2%). Se prevé el límite elástico del acero en  $4.200 \text{ Kg/cm}^2$ . Esta tensión es el valor de la ordenada máxima en el diagrama de tensión deformación.

Se tendrán prioritariamente en cuenta las determinaciones de la instrucción EHE.

#### **2.2.2.2. Acero laminado. Acero A-42B**

Los perfiles vendrán con su correspondiente identificación de fábrica, con señales indelebles para evitar confusiones. No presentarán grietas, curvaturas, sopladuras, ni disminuciones de sección superiores al cinco (5%) por ciento.

#### **2.2.3. Materiales auxiliares para el hormigón**

##### **2.2.3.1. Productos para el curado del hormigón**

Se definen como productos para el curado de hormigones hidráulicos los que, aplicados en forma de pintura pulverizada, depositan una fina película impermeable sobre la superficie del hormigón para impedir la pérdida de agua por evaporación.

El color de la capa protectora será claro, preferiblemente blanco, para evitar la absorción de radiación solar. Esta capa deberá ser capaz de permanecer intacta durante siete días por lo menos después de una aplicación.

##### **2.2.3.2. Desencofrantes**

Los desencofrantes se definen como los productos que, aplicados en forma de pintura a los encofrados, disminuyen la adherencia entre éstos y el hormigón, la labor de desmolde. El empleo de estos productos deberá ser expresamente autorizado por la Dirección de Obra.

#### **2.2.4. Encofrados y cimbras**

##### **2.2.4.1. Encofrados en muros**

Podrán ser de madera o metálicos, pero tendrán la suficiente rigidez, latiguillos y puntales para que la deformación máxima producida al empuje del hormigón fresco sea inferior a un centímetro respecto a la superficie teórica de acabado. Para medir estas deformaciones se aplicará sobre la superficie desencofrada una regla metálica de 2 metros de longitud, con la que se comprobará la posible curvatura existente.

##### **2.2.4.2. Encofrados de cimientos, vigas y arcos**

Podrán ser de madera o metálicos, pero cumplirán la condición de que la deformación máxima de un borde encofrado respecto a la teórica, sea menor o igual a un centímetro de longitud teórica. Igualmente, el encofrado deberá tener la suficiente rigidez para

soportar los efectos dinámicos de la vibración del hormigón de forma que el máximo movimiento local producido por esta causa sea de cinco milímetros.

### **2.2.5. Aglomerantes excluido el cemento**

#### **2.2.5.1. Cal hidráulica**

Cumplirá las siguientes condiciones:

1. Peso específico comprendido entre dos y medio (2,5) y dos con ocho décimas (2,8).
2. Densidad aparente superior a ocho décimas (0,8).
3. Pérdida de peso por calcinación menor al doce por ciento (12%).
4. Fraguado entre nueve (9) y treinta (30) horas.
5. Residuo en tamiz de cuatro mil novecientas mallas (4.900) menor del seis (6%) por ciento.
6. Resistencia a la tracción de pasta pura a los siete días superior a los ocho kilogramos por centímetro cuadrado (8 Kg/cm<sup>2</sup>).
7. Resistencia a la tracción del mortero normal a los siete días superior a cuatro kilogramos por centímetro cuadrado (4 Kg/cm<sup>2</sup>).
8. Resistencia a la tracción de pasta pura a los veintiocho días superior a los ocho kilogramos por centímetro cuadrado (8 Kg/cm<sup>2</sup>), y superior en dos kilogramos por centímetro cuadrado (2 Kg/cm<sup>2</sup>) al alcanzado al séptimo día.

#### **2.2.5.2. Yeso negro**

Deberá cumplir las siguientes condiciones:

1. El contenido en sulfato de calcio semihidratado será como mínimo del cincuenta por ciento (50%) en peso.
2. El fraguado no comenzará antes de dos minutos y no terminará antes de 30 minutos.
3. En tamiz de 0,2 mm (UNE-7050), el residuo no será mayor del 20%.
4. En tamiz de 0,08 mm (UNE-7050), el residuo no será mayor del 50%.
5. Las probetas prismáticas (4-4-16 cm) de pasta normal ensayadas a flexión con una separación de apoyos de 10,67 cm resistirán una carga central de ciento veinte kilogramos (120) como mínimo.
6. La resistencia a compresión determinada sobre medias probetas procedentes del ensayo a flexión, será como mínimo de setenta y cinco kilogramos por centímetro cuadrado (75 Kg/cm<sup>2</sup>).

## **2.2.6. Materiales para fábrica**

### **2.2.6.1. Fábrica de ladrillos**

Los ladrillos serán de primera calidad según lo definido en el Código Técnico de la Edificación. Las dimensiones de los ladrillos se medirán de acuerdo con la norma UNE-7267. La resistencia a compresión de los ladrillos será como mínimo de:

1. Ladrillos macizos: 100 Kg/cm<sup>2</sup>.
2. Ladrillos perforados: 100 Kg/cm<sup>2</sup>.
3. Ladrillos huecos: 50 Kg/cm<sup>2</sup>.

## **2.2.7. Pintura**

### **2.2.7.1. Pintura al temple**

Estará compuesta por una cola disuelta en agua y un pigmento mineral finamente disperso con la adición de un antifermento tipo formol para evitar la putrefacción de la cola. Los pigmentos a usar pueden ser:

1. Blanco de cinc que cumplirá UNE-48041.
2. Litopón que cumplirá UNE-48040.
3. Dióxido de titanio tipo anatasa que cumplirá UNE-48044. También podrán emplearse mezclas de estos pigmentos con carbonato cálcico y sulfato básico. Estos dos últimos productos considerados como cargas no podrán entrar en una proporción mayor del veinticinco por ciento (25%) en peso de pigmento.

### **2.2.7.2. Pintura plástica**

Está compuesta por un vehículo formado por un barniz, donde los pigmentos están constituidos de dióxido de titano y colores resistentes.

## **2.2.8. Colores, aceites y barnices**

Todas las sustancias de uso general en la pintura deberán ser de excelente calidad. Los colores reunirán las siguientes condiciones:

1. Facilidad para extenderse y cubrir perfectamente grandes superficies.
2. Gran capacidad de fijación.
3. Ser inalterables a la acción de los aceites o de otros colores.
4. Insolubilidad en agua.

Los aceites y barnices reunirán a su vez las siguientes características:

1. Ser inalterables por la acción del aire.
2. Conservar los colores.
3. Transparencia y color perfectos.

Los colores deberán estar bien molidos y mezclados con el aceite. Además estarán bien mezclados y sin grumos.

### **2.2.9. Fontanería**

Las bajantes tanto de aguas pluviales como fecales serán de fibrocemento o materiales plásticos que dispongan de autorización de uso. No se admitirán bajantes de diámetro inferior a doce centímetros. Todas las uniones entre tubos y piezas especiales se realizarán mediante uniones Gibault.

## **2.3. Condiciones para la ejecución de las obras**

### **2.3.1. Movimiento de tierras**

Consiste en el conjunto de operaciones realizadas para excavar, evacuar, llenar y nivelar el terreno así como las zonas circundantes que puedan necesitarse, con el consecuente transporte de los materiales hasta el punto de vertido o hasta el lugar donde sean necesarios.

#### **2.3.1.1. Ejecución de las obras**

Una vez terminadas las operaciones de preparación del terreno, se iniciarán las obras de excavación ajustándose a las indicaciones contenidas en los planos, tales como pendientes, dimensiones, alineaciones, etc.

La tierra vegetal que se encuentre en las excavaciones, que no se extrajo durante el clareo inicial del terreno, podrá ser empleada posteriormente en la protección de superficies que puedan sufrir erosión.

En cualquier caso, la tierra vegetal excavada se mantendrá separada del resto de materiales extraídos.

Todos los materiales que se obtengan en la excavación, excepto la tierra vegetal citada, podrán ser empleados en la formación de rellenos o en cualquier otro uso contemplado dentro de este Pliego. Se transportarán una vez extraídos a las zonas destinadas para su depósito dentro del solar, o bien al vertedero si no tuviesen aplicación dentro de la obra. Durante las diversas etapas de movimiento de tierras, las obras se mantendrán en perfectas condiciones de drenaje. El material excavado no se podrá colocar de forma

que suponga un peligro para las construcciones existentes, por presión directa o por sobrecarga de los rellenos contiguos.

El movimiento de tierras se abonará por metros cúbicos de material realmente excavados medidos por la diferencia entre los datos iniciales tomados inmediatamente antes de iniciar los trabajos y los datos finales, tomados inmediatamente después de su finalización. La medición se hace sobre los perfiles obtenidos durante el proceso.

#### **2.3.1.2. Excavación de zanjas y pozos**

Consiste en el conjunto de operaciones necesarias para conseguir la cimentación adecuada del terreno, sobre el que se situarán los equipos y la estructura. Su ejecución comprende las operaciones de excavación, nivelación y evacuación del terreno y el transporte de los materiales hasta su depósito o lugar de empleo.

El Adjudicatario deberá notificar con la antelación suficiente el comienzo de cualquier excavación, con el objeto de que se puedan efectuar las mediciones necesarias sobre el terreno inalterado. El terreno natural adyacente al de excavación no se modificará sin autorización.

La excavación continuará hasta llegar a la profundidad en la que aparezca una superficie firme. La Dirección de la Obra puede solicitar modificar la profundidad de excavación si a la vista de las condiciones del terreno, se considere necesario para lograr una cimentación satisfactoria.

Las corrientes o agua pluviales o subterráneas que pudiesen presentarse, se taponarán o desviarán empleando el método más adecuado. Antes de proceder al vertido del hormigón y a la colocación de las armaduras, se dispondrá una capa de hormigón de diez centímetros de espesor debidamente nivelada.

El abono de estas excavaciones se hará en función de los metros cúbicos extraídos, calculados por diferencia de los datos iniciales y finales.

#### **2.3.1.3. Relleno y apisonado de zanjas y pozos**

Este apartado trata el vertido y posterior compactación de los materiales empleados para el relleno de las zanjas o pozos formados.

Los materiales de relleno se disponen sobre la superficie en tongadas sucesivas de espesor uniforme. El espesor de estas tongadas será el adecuado a los medios disponibles para que se obtenga el grado de compactación exigido.

### Documento III. Pliego de condiciones

La superficie de las tongadas será horizontal o convexa con pendiente transversal máxima del dos por ciento (2%). Una vez extendida la tongada, se procederá a la humidificación si se considera necesario.

El contenido óptimo de humedad se determinará en la propia obra, a la vista de la maquinaria disponible y de los resultados que se obtengan en los ensayos pertinentes.

En casos especiales, donde la humedad natural del material sea excesiva para conseguir la compactación prevista, se tomarán las medidas adecuadas, como por ejemplo, la adición de una mezcla de materiales secos o sustancias apropiadas como la cal.

Una vez lograda la humedad requerida, se procede a la compactación mecánica de la tongada. Sobre las capas formadas, se prohíbe la circulación de todo tipo de tráfico hasta que se completa la compactación.

Al igual que en casos anteriores, el abono de estas operaciones se hará de acuerdo a los metros cúbicos de material que se depositen.

#### **2.3.2. Hormigón**

Corresponde al Adjudicatario efectuar el estudio granulométrico de los áridos, dosificación del agua y consistencia del hormigón de acuerdo con los medios de puesta en obra que se emplee en cada caso, siempre cumpliendo lo prescrito en la EHE.

##### **2.3.2.1. Fabricación de hormigón**

En la fabricación y puesta en obra del hormigón deberán cumplirse los requisitos generales marcados en la EHE, del Ministerio de Fomento.

Los áridos, el agua y el cemento deberán dosificarse automáticamente en peso. Las instalaciones de dosificación, al igual que las demás necesarias en la fabricación y puesta en obra, deberán ser sometidas a dicha instrucción.

Las tolerancias admisibles en la dosificación serán del dos por ciento (2%) para el agua, el cemento y el árido. La consistencia del hormigón admitirá una tolerancia de veinte milímetros medidos en el cono de Abrams.

La instalación de hormigonado será capaz de realizar una mezcla regular e íntima de todos los componentes proporcionando un hormigón de color y consistencia uniforme.

En la hormigonera deberá existir una placa, en la que se haga constar la capacidad y la velocidad en revoluciones por minuto recomendadas por el fabricante, las cuales no deberán ser superadas.

Antes de introducir el cemento y los áridos en el mezclador, éste se cargará con una parte de la cantidad del agua requerida, completándose la dosificación de ésta en un periodo de tiempo que no deberá ser superior a la tercera parte del tiempo de mezclado, contados a partir del momento en que el cemento y los áridos se introducen en el mezclador. Antes de volver a cargar el equipo, se vaciará totalmente su contenido.

No se permitirá volver a amasar en ningún caso hormigón que fraguase parcialmente, aunque se añadan nuevas cantidades de cemento, áridos o agua.

La mezcla en obra del hormigón se ejecutará del mismo modo que la señalada para realizada en fábrica.

#### **2.3.2.2. Transporte del hormigón**

El transporte del hormigón desde el lugar de preparación hasta la obra se hará lo más rápidamente posible. En ningún caso se tolerará la utilización en obra de hormigón que acusen un principio de fraguado o cualquier otra alteración.

Cuando la fabricación de la mezcla se realiza en una instalación industrial alejada, el transporte deberá realizarse empleando camiones provistos de agitadores.

#### **2.3.2.3. Puesta en obra del hormigón**

Como norma general no deberá transcurrir más de una hora entre la fabricación del hormigón y su puesta en obra y compactación.

No se permitirá el vertido libre del hormigón desde alturas superiores a un metro, quedando prohibido arrojarlo a gran distancia, distribuirlo con rastrillo o hacerlo avanzar más de medio metro en los encofrados.

Al verter hormigón se debe remover eficazmente para asegurar que las armaduras queden perfectamente envueltas, cuidando especialmente los sitios en los que se reúne gran cantidad de acero, y procurando que se mantengan los recubrimientos y la separación entre las armaduras.

En láminas, el extendido del hormigón se ejecutará de modo que el avance se realice en todo su espesor. En vigas, el hormigonado se realiza avanzando desde los extremos, rellenándolas en toda su altura y procurando que no se produzcan segregaciones.

#### **2.3.2.4. Compactación del hormigón**

La compactación del hormigón deberá realizarse por vibración. Los vibradores se aplicarán siempre de modo que su efecto se extienda a toda la masa, sin que se produzcan segregaciones. Si se emplean vibradores internos, deberán sumergirse

longitudinalmente en la tongada subyacente, y retirarse también longitudinalmente sin desplazarlo hacia los lados mientras están dentro de la mezcla.

La aguja se introducirá y retirará lentamente, a velocidad constante, recomendándose que no se superen los 10 cm/s, con cuidado de que la aguja no toque las armaduras.

La distancia entre los puntos sucesivos de inmersión no será superior a 75 cm, y será la adecuada para generar en toda la superficie de la masa una humectación brillante, siendo preferible vibrar en pocos puntos prolongadamente.

No se colocará un vibrador a menos de 10 cm de la pared del encofrado.

#### **2.3.2.5. Curado del hormigón**

Durante el primer periodo de endurecimiento, se someterá al hormigón a un proceso de curado según el tipo de cemento empleado y las condiciones climatológicas del lugar.

En cualquier caso, deberá mantenerse la humedad del hormigón y evitarse todas las causas tanto externas, como sobrecarga o vibraciones, que puedan provocar la fisura del elemento hormigonado. Se deben mantener húmedas las mediante arpilleras, esterillas de paja u otros tejidos similares durante tres (3) días si el conglomerante empleado fuese cemento Portland I-35, aumentándose este plazo en caso de que el cemento usado tuviese un endurecimiento más lento.

#### **2.3.2.6. Juntas de hormigonado**

Las juntas podrán ser de hormigonado, contracción o dilatación, debiendo cumplirse lo especificado en los planos.

Se tendrá en cuenta que las juntas creadas por las interrupciones en el hormigonado queden normales a la dirección de los máximos esfuerzos de compresión, o donde sus efectos sean menos perjudiciales.

Cuando se teman efectos debidos a retracción, se dejarán juntas abiertas durante algún tiempo, para que las masas contiguas puedan deformarse libremente. El ancho de tales juntas deberá ser el necesario para que, en su día, puedan hormigonarse correctamente.

Al retomarse los trabajos se limpiará toda la junta de suciedad o árido que quedase suelto, y se humedecerá toda la superficie sin exceso de agua, vertiéndose a continuación una lechada de cemento antes de aplicar hormigón.

### **2.3.2.7. Terminación de las superficies**

Si no se indica lo contrario, la máxima irregularidad que puedan presentar las superficies planas, medida respecto a una regla de dos metros de longitud aplicada en cualquier dirección será la siguiente:

1. Superficies a la vista: seis (6) mm.
2. Superficies ocultas: veinticinco (25) mm.

### **2.3.2.8. Limitaciones de ejecución**

El hormigonado se suspenderá, por norma general, en caso de lluvias, adoptándose las medidas necesarias para impedir la entrada de lluvia en las masas de hormigón fresco o el lavado de superficies. Si esto sucediese, se deberá picar la superficie, humedecerla, y continuar el hormigonado después de aplicar una lechada de cemento.

### **2.3.2.9. Medición y abono**

El hormigón se medirá y abonará en base al metro cúbico realmente vertido en obra, midiendo el volumen contenido entre las caras de las superficies.

En las obras de cimentación que no necesiten encofrado, se medirá éste entre las caras del terreno excavado. En el caso de que el Cuadro de Precios exprese la unidad de hormigón sobre metro cuadrado, como es el caso de los techos, forjados, etc., se medirá esta cantidad en base a los metros cuadrados realmente ejecutados, incluyéndose en la medición todas las desigualdades y aumentos de espesor debido a los cambios de la capa inferior. Si en el Cuadro de Precios se indicase que está incluido el encofrado, acero, etc., siempre se considerará la misma medición del hormigón por metro cuadrado o metro cúbico. En el precio van siempre incluidos los servicios y costes asociados al curado del hormigón.

### **2.3.3. Morteros**

Se fabricarán los tipos de mortero especificados en las unidades de obra, indicándose cuál ha de emplearse en cada caso para la correcta ejecución de las obras.

#### **2.3.3.1. Fabricación de morteros**

Los morteros se fabricarán en seco, continuándose la mezcla después de verter agua en la forma y cantidad fijada, hasta obtener una pasta de aspecto homogéneo, y color y consistencia uniforme.

### **2.3.3.2. Medición y abono**

El mortero es un material auxiliar y, por tanto, su medición va incluida en las unidades a las que sirve: fábrica de ladrillos, pavimentos, etc. En algún caso especial se puede medir la cantidad empleada en metros cúbicos, obteniéndose su precio del correspondiente Cuadro.

### **2.3.4. Encofrados**

Tanto las unidades como las piezas que constituyen los encofrados, deberán tener la resistencia y rigidez necesarias para que en la marcha prevista del hormigonado y, especialmente bajo los efectos dinámicos producidos por el sistema de compactación exigido, no se originen esfuerzos anormales en el hormigón, ni durante su puesta en obra, ni durante su periodo de endurecimiento.

No deben permitir los movimientos locales superiores a cinco (5) mm.

Las uniones de los distintos elementos o planos de los moldes serán sólidas y sencillas, de modo que su montaje se haga con rapidez.

Los moldes ya usados, y que vayan a servir en posteriores operaciones, serán cuidadosamente limpiados y revisados.

Los encofrados de madera se humedecerán antes del hormigonado, con el fin de evitar la absorción del agua contenida en el hormigón, y se limpiarán especialmente los fondos dejándose aberturas provisionales para facilitar esta labor.

Las juntas entre las distintas tablas del encofrado, deberán permitir el hinchamiento de las mimas por la humedad del hormigón. Sin embargo, no se permitirá la salida de la mezcla durante el hormigonado a través de las juntas.

Los encofrados se medirán siempre por metro cuadrado de superficie en contacto con el hormigón, no siendo de abono las obras o excesos de encofrado, así como los elementos auxiliares de sujeción o apoyos necesarios para mantenerlo en una posición correcta y segura contra los esfuerzos del viento, etc.

En este precio se incluyen, además, los desenconfrantes y las operaciones de desencofrado y retirada del material.

En el caso de que en el Cuadro de Precios esté incluido el encofrado en el precio del hormigón, se entiende que todos los elementos y operaciones incluidas en este concepto se incluyen en el precio de éste.

### **2.3.5. Armaduras**

Todas las operaciones se efectuarán de acuerdo a los artículos de la EHE.

Las armaduras de acero empleadas en el hormigón armado, se abonarán en kilogramos realmente empleados, deducidos de los planos de ejecución, por medición de longitudes, añadiendo las medidas de los solapes de empalme, medidos en obra, aplicando los pesos unitarios correspondientes a los distintos elementos usados.

En ningún caso se abonará más del cinco por ciento (5%) en peso, bajo el concepto de solapes, del peso medido en plano de toda la armadura.

El precio incluye la adquisición, los transportes de cualquier clase hasta el terreno, la pesada, la limpieza de armaduras y, si es necesario, el doblado de las mismas, su izado, sustentación y colocación en obra, incluyendo el alambre usado para ataduras y separadores, la pérdida por recortes, y cuantas operaciones y medios auxiliares sean necesarios.

### **2.3.6. Albañilería**

#### **2.3.6.1. Ladrillos**

Los ladrillos se colocarán según los elementos presentados en el proyecto.

Antes de emplearlos, se humedecerán con agua, debiendo estar sumergidos en agua por lo menos 10 minutos. Salvo especificaciones adicionales, el tendel debe tener un espesor de 10 mm. Todas las hiladas deben quedar perfectamente horizontales y con la cara buena perfectamente plana, vertical y a ras con el resto de elementos con los que debe coincidir. Para esto se hará uso de las miras necesarias, colocando la cuerda en las divisiones o marcas hechas en las miras.

Salvo indicación adicional, se empleará un mortero de doscientos cincuenta kilogramos (250 kg) de cemento I-35 por metro cúbico de pasta.

Al interrumpir el trabajo, deberá quedar preparado para el día siguiente. Al retomar el trabajo, deberá humedecerse y picarse la superficie del mortero.

Los elementos en ángulo se harán de manera que sea medio ladrillo de un muro contiguo, alternándose las filas.

La medición para el abono de estos trabajos se hará por metro cuadrado, según expresa el Cuadro de Precios. Se descontarán los huecos de las superficies.

### **2.3.6.2. Enfoscados de cemento**

Los enfoscados de cemento se harán con cemento de quinientos cincuenta kilogramos por metro cúbico de pasta, en superficies exteriores, y de quinientos kilogramos por metro cúbico en interiores, empleándose arena de río o barranco lavada para su fabricación.

En todo caso, se limpiará bien la superficie de polvo, y se lavará debiendo estar húmeda antes de extender el mortero. La superficie debe estar en su interior perfectamente seca.

Si el material a cubrir es hormigón, éste se picará y mojará previamente.

Preparada de este modo la superficie, se aplicará con fuerza el mortero sobre una parte de ésta, evitando agregar mortero sobre otra sección ya tratada.

Así, se extenderá una capa que debe ser uniforme a lo largo de toda la superficie.

Sobre esta primera capa aplicada, se extiende una segunda más suave para conseguir una elevada homogeneidad de todo el conjunto. Al comenzar una nueva operación de enfoscado, es necesario que la circundante haya fraguado convenientemente. Sin embargo, sí es conveniente humedecer las juntas para lograr mayor uniformidad.

El acabado de los enfoscados debe quedar áspero para facilitar la adherencia de capas posteriores.

Si las condiciones de temperatura y humedad lo requieren, a juicio de la Dirección de Obra, se humedecerán diariamente los enfoscados, bien durante la ejecución o bien después de terminada, para que el fraguado se complete en buenas condiciones.

### **2.3.7. Carpintería metálica**

Todas las piezas de carpintería metálica deberán ser montadas, necesariamente, por la casa fabricante o por personal autorizado por la misma, siendo el suministrador el responsable del perfecto funcionamiento de todas y cada una de las piezas colocadas en la obra.

Todos los elementos se montarán en locales cerrados y desprovistos de humedad, asentados sobre piezas de madera, procurando que queden bien nivelados y que no haya ninguno que sufra de alabeo o torcedura alguna.

La medición se hará por metro cuadrado de carpintería, medidos entre lados exteriores.

### **2.3.8. Pintura**

La superficie que se vaya a pintar debe estar seca, desengrasada, sin óxido ni polvo, para lo que se emplearán cepillos, chorreado con arena, ácidos y bases según convenga.

Los poros, grietas, etc., se rellenarán con masilla que deje la superficie lisa y uniforme. Se harán con un pigmento mineral y aceite de linaza, o barniz, y un cuerpo de relleno para las maderas. En los paneles, se empleará yeso amasado con agua de cola, y sobre los metales se utilizará rellenos compuestos del 60-70% de pigmento.

Los elementos sólidos como la masilla se aplicarán con espátula, mientras que los líquidos se podrán emplear con brocha o pincel, o con pistola de aire comprimido.

Los rellenos, una vez secos, serán lijados para conseguir un acabado homogéneo.

Las pinturas se pueden aplicar con brocha o pincel, con aerógrafo, con pistola (pulverizando con aire comprimido) o con rodillos.

Las brochas y pinceles serán de pelo animal, pudiendo ser planos o redondos según sea conveniente. También pueden usarse hechos de nylon.

Los aerógrafos o pistolas constan de un recipiente que contiene pintura con aire a presión (1-6 atmósferas), un compresor y un pulverizador, cuyo orificio de salida varía de los 0,2 hasta los 7 mm, formándose un cono aproximado de 2 cm de diámetro máximo.

La pintura se mide y abona, en general, por metro cuadrado de superficie pintada, efectuándose la medición del siguiente modo:

1. La pintura sobre muros, tabiques y techos, descontando los huecos.
2. Las molduras se miden por la superficie cubierta.
3. La pintura sobre carpintería metálica, se medirá por las dos caras, incluyéndose los tapajuntas.
4. La pintura sobre las ventanas metálicas, sólo tomándose una cara.

En los respectivos precios se incluye el costo de los materiales y las operaciones necesarias para conseguir un perfecto acabado, incluyendo la preparación, lijado, relleno, etc., e todos los medios auxiliares que sean precisos.

### **2.4. Control de la obra**

Los ensayos que se realicen se harán a cuenta del Adjudicatario, a través de una empresa especializada.

En la obra se dispondrá, para la realización del control, de cinta métrica, regla, nivel, plomada, termómetro, cono de Abrams, siete moldes de probetas con chapa y retacador.

La toma de muestras, conservación y rotura, se harán de acuerdo a lo delimitado en las normas UNE-8330084, 8330184 y 8330484.

#### **2.4.1. Componentes del hormigón**

Se seguirá lo dispuesto en el artículo 63 de la EHE.

#### **2.4.2. Hormigón**

Se realizarán los ensayos previos y característicos que indica la norma EHE.

Los ensayos de control se realizarán en la modalidad de control estadístico a escala normal. La definición de las partes de la obra se realizará de acuerdo con la Dirección de Obra, a la vista de la planificación del hormigonado, ajustándose en todo momento a lo especificado en el artículo 69 de la EHE.

#### **2.4.3. Armaduras**

Se realizará el control a nivel normal.

#### **2.4.4. Formas y disposición**

No se realizará el hormigonado sin la previa autorización de la Dirección de Obra, comprobándose la disposición y diámetro de las armaduras, formas geométricas, estados de las superficies contra las que se hormigonará, etc.

#### **2.4.5. Ensayos informativos**

La Dirección de Obra se reserva el derecho a exigir al Adjudicatario, cuando se estime oportuno, ensayos informativos.

### **2.5. Instrucción de hormigón estructural**

#### **2.5.1. Cemento**

Antes de empezar con el hormigonado donde se varían las condiciones de aplicación, se ensayarán pruebas físicas, mecánicas y químicas previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas para la recepción de cementos.

Cuando el cemento esté en posesión de un sello o marca de conformidad oficial, no se realizarán dichos ensayos.

Cuando el cemento carezca de este sello, se comprobará por lo menos una vez cada tres meses de obra, como mínimo en tres ocasiones, y cuando lo indique la Dirección, lo siguiente: pérdida de agua, residuo insoluble, principio y fin de fraguado, resistencia a la compresión y estabilidad de volumen.

### **2.5.2. Agua de amasado**

Antes de comenzar la obra, si no se tienen antecedentes del agua que se empleará, se varían las condiciones de aplicación, o cuando lo estime oportuno la Dirección de Obra, se realizarán los ensayos correspondientes al artículo correspondiente de la EHE.

### **2.5.3. Áridos**

Se aplicarán los ensayos contenidos en la EHE, en los artículos correspondientes a las condiciones físico-químicos, físico-mecánicos y granulométricos.

## **2.6. Condiciones de protección contra incendios en los edificios**

### **2.6.1. Condiciones técnicas exigibles a los materiales**

Los materiales a emplear en la construcción de la edificación, se clasifican en función de los efectos que sufren frente al fuego, de acuerdo a la norma UNE 23-727-90 (Ensayos de reacción al fuego de los materiales usados en construcción), en las clases siguientes, dispuestas por orden creciente a su grados de inflamabilidad: M0, M1, M2, M3, M4 y M5.

Los fabricantes de materiales que se empleen vistos o como revestimientos o acabados superficiales, deberán acreditar su grado de inflamabilidad mediante certificados de ensayo, realizados en laboratorios oficiales y homologados para ser empleados, cuando sea oportuno.

Aquellos materiales con tratamiento adecuado para mejorar su comportamiento ante el fuego (materiales ignífugos), serán clasificados por un laboratorio oficial y homologado, fijando un certificado o periodo de validez de ignifugación.

Los materiales que sean de difícil sustitución y aquéllos que vayan situados en el exterior, se clasifican con la clase que corresponda al material sin tratamiento ignífugo.

Los materiales cuya combustión o pirólisis produzcan la emisión de gases potencialmente tóxicos, se emplearán en la forma y cantidad que reduzca su efecto nocivo en caso de incendio.

### **2.6.2. Condiciones técnicas exigibles a los elementos constructivos**

La resistencia del material ante el fuego queda fijada por un tiempo  $t$ , durante el cual éste es capaz de mantener las condiciones de estabilidad mecánica, aislamiento térmico, estanqueidad a las llamas y ausencia de emisión de gases inflamables, excepto en el caso de las puertas, para las cuales se excluye el mantenimiento de la condición de aislamiento térmico.

### Documento III. Pliego de condiciones

La comprobación de las nombradas condiciones para cada elemento constructivo, se verificará mediante los ensayos descritos en las siguientes normas:

1. UNE-23-093-81: ensayo de la resistencia al fuego de las estructuras y elementos de construcción.
2. UNE-23-801-79: ensayo de resistencia al fuego de la construcción de vidriados.
3. UNE-23-802-79: ensayo de la resistencia al fuego de puertas y otros elementos de cierre de huecos.

Los elementos constructivos se clasifican mediante la expresión de su condición de resistentes al fuego (FR), así como de su tiempo en minutos, durante el cual mantienen dicha condición.

Los fabricantes de materiales específicamente destinados a proteger o aumentar la resistencia ante el fuego de los elementos constructivos, demostrarán mediante certificados de ensayo las propiedades de comportamiento que figuren en la documentación.

Los fabricantes de otros elementos de construcción que hagan constar en la documentación técnica de los mismos su clasificación a efectos de resistencia ante el fuego, deberán justificarlo mediante los certificados de ensayo en los que se basan.

La realización de los ensayos se llevará a cabo en laboratorios homologados y autorizados por la Administración del Estado.

## **3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

### **3.1. Generalidades**

Los materiales y ejecución de la instalación eléctrica cumplirán lo establecido en el Reglamento Electrotécnico para Alta (RAT) y Baja Tensión (RBT) e instrucciones técnicas complementarias ITC MI.BT. Asimismo se adoptarán las diferentes condiciones previstas en las normas:

- NTE-IEP “Instalaciones de Electricidad. Puesta a Tierra”
- NTE-IEP “Instalaciones de Electricidad. Baja Tensión”
- NTE-IEI “Instalaciones de Electricidad. Alumbrado Interior”
- NTE-IEE “Instalaciones de Electricidad. Alumbrado Exterior”
- NTE-IER “Instalaciones de Electricidad. Red Exterior”

Se deberán tener en cuenta los Reglamentos locales. Además, con carácter general se aplicarán las normas UNE en los equipos y materiales a los que se puedan aplicar.

En casos de distintas calidades o interpretaciones de los distintos reglamentos y normas aplicables, se tomará en cuenta la opinión y decisión de la Dirección de Obra.

Todos los equipos y materiales eléctricos se instalarán de acuerdo con las normas de los fabricantes.

### **3.2. Identificación**

Todos los conductos serán identificados al principio y al final del recorrido, mediante accesorios tipo Unex o similar, en material no corrosivo.

### **3.3. Conductores**

Las bobinas y rollos de cable se protegerán de todo daño posible durante la obra.

No se introducirán los conductores en los conductos antes de que estos estén perfectamente colocados en su sitio y haya sido previamente comprobado que no existe ninguna obstrucción en su interior.

Los conductores serán tratados con todo cuidado durante la obra para evitar la posibilidad de dañarlos. Se tomarán las medidas necesarias para que los cables no estén sometidos a tensiones excesivas durante su instalación. En cualquier caso, los radios de curvatura de los cables siempre serán superiores a diez veces el diámetro.

### Documento III. Pliego de condiciones

Los cables se protegerán de posibles daños mecánicos elevándolos 2,5 metros del nivel se suelo, y alojándolos en el interior de tubos de protección, o bien, en bandeja con tapa de protección.

No se tenderán más de dos capas de cables en las bandejas dispuestas horizontalmente, y cuando estén en vertical, sólo se instalará una capa.

Cuando varios conductores vayan juntos en un tubo, se introducirán todos al mismo tiempo.

Todos los conductores que se empleen serán de cobre y deberán cumplir las Normas UNE 20003, UNE 21022 y UNE 21064. Su aislamiento y cubierta serán de policloruro de vinilo y deberá cumplir la Norma UNE 21029.

El Adjudicatario informará por escrito al Ingeniero Director de la Obra el nombre del fabricante de los conductores y le enviará una muestra de los mismos. Si el fabricante no reúne la suficiente garantía a juicio del Ingeniero Director, antes de instalar el molde se comprobarán las características de estos en un laboratorio oficial.

No se admitirán cables que presenten desperfectos superficiales, o que no vayan en las bobinas de origen en las que deberá figurar el nombre del fabricante y tipo de cable y sección.

No se permitirán el empleo de materiales de procedencia distinta en un mismo circuito.

### **3.4. Terminales**

Se utilizarán terminales de precisión para la conexión de los conductores a los equipos y barras de distribución.

### **3.5. Instalación de aparatos**

Todos los aparatos se instalarán en donde se muestran los planos, quedando completamente preparados para funcionar.

El Adjudicatario de la instalación deberá poseer las instrucciones de los diferentes fabricantes de los equipos y seguirlas ordenadamente.

Cuando los equipos vayan sobre paredes, techos o estructuras, el Adjudicatario realizará todo el trabajo necesario para su fijación.

### **3.6. Cuadros de distribución**

Los cuadros serán nivelados y alineados perfectamente en su sitio usando calzos si fuese preciso. Antes de entrar en servicio serán repasadas todas las conexiones y la tornillería, y se limpiarán perfectamente todos los aisladores, etc.

El Adjudicatario realizará todas las conexiones interiores y exteriores que se requieran.

Serán de aleación ligera o de PVC, con índice de protección IP55. Cada caja será identificada con una placa de plástico o baquelita de color negro en el lateral más visible.

### **3.7. Instalaciones de fuerza y alumbrado**

El Adjudicatario realizará las conexiones en cajas, aparatos, etc., y serán instalados completamente, incluyendo lámparas, difusores, reactancias, etc., y todos aquellos accesorios que formen parte del montaje.

En la sala de control de la planta, se dispondrá una iluminación a base de iluminarias estancas con tubos fluorescentes de 36 W. Esta sala tendrá dos circuitos de acceso utilizando interruptores unipolares de 16A (50% de iluminarias cada uno). Para la sala de equipos y el almacén también se emplearán tubos de 36 W.

Las lámparas se instalarán una vez que estén perfectamente colocados los aparatos de alumbrado, de acuerdo con los planos y las instrucciones del fabricante.

Las cajas de mecanismos no se instalarán hasta conocerse perfectamente el acabado de las paredes en donde ha de alojarse y no se permitirá el paso de conductores hasta que estén bien tomadas.

### **3.8. Equilibrio de fases**

Se realizarán las conexiones de receptores de tal manera que el desequilibrio de fases no supere más de un 10%.

### **3.9. Acometida general**

El cable cumplirá, además, la normativa particular de la empresa suministradora de energía.

Los conductores estarán aislados para una tensión nominal de 1000 V del tipo UNE DV-0,6/1kV, y sección 35 mm<sup>2</sup>.

### **3.10. Caja de protección**

Estará construida en material aislante, autoextinguible, según norma UNE 20234, y será de grado de protección 417, como indica la norma UNE 20305. Será del tipo CGPH de 250 A y contendrá cartuchos y fusibles calibrados de 250 A y neutro seccionable.

### **3.11. Línea de reparto**

Será de tipo UNE DV-0,6/1kV, alojada en el interior de una canalización en tubo aislante de PVC, autoextinguible.

Los diámetros de conductor y canalización se fijan en los planos correspondientes.

### **3.12. Contadores**

Los módulos serán de material aislante, autoextinguible y de estabilidad térmica de clase A, proporcionando un grado de protección de 413 de acuerdo con la norma UNE 20324.

Serán accesibles por medio de tapa transparente y precintable de las mismas características que los módulos.

### **3.13. Derivaciones individuales**

Los conductores serán de tipo rígido de cobre. Se instalarán en el interior de tubos rígidos de PVC, de acuerdo con la Norma MI-BT-019.

Los diámetros de conductores y tubos se fijarán en los planos correspondientes. Cada derivación contendrá las fases, neutro y conductor de protección.

Las cajas de derivación serán aislantes, con tope del mismo material, ajustable a presión o con tornillos y estarán dotadas de huellas de ruptura para el peso de tubos.

### **3.14. Instalación**

Los mecanismos, cajas de derivación y pantallas serán de tipo estanco con protección IP-4, contra chorro de agua. La instalación será de superficie y los conductores irán por el interior de tubos rígidos de PVC con diámetros que se reflejan en los planos correspondientes.

### **3.15. Instalación de puesta a tierra**

Se realizará por medio de electrodos de tierra de 2 metros de longitud y 14 mm de diámetro de cobre con alma de acero. El conductor de unión de las picas será de cobre de 35 mm<sup>2</sup> de sección de acuerdo con la Instrucción MI-BT-039.

Los portes metálicos de los soportes se unirán a dicho conductor mediante soldadura autógena. La línea de enlace de la red con tierra será de 35 mm<sup>2</sup>, que enlazará con la línea principal de tierra de 16 mm<sup>2</sup>.

### **3.16. Inspecciones, pruebas y recepciones**

El adjudicatario realizará todas las pruebas y ensayos de circuitos y equipos, así como aquellas que le sean requeridas por parte de la Propiedad, proporcionando la mano de obra y medios necesarios, de acuerdo con el indicado en el presente documento.

En general se incluyen, sin limitarse, las siguientes pruebas y ensayos:

1. Pruebas necesarias para retener la garantía de los fabricantes.
2. Pruebas de aislamiento fase-fase y fase-tierra de todos los cables
3. Nivel de aislamiento.
4. Pruebas de continuidad y medida de la resistencia de la red de tierra y tensiones de paso y contacto.
5. Comprobación de polaridades y secuencia de fases.
6. Comprobación nocturna del sistema de alumbrado.
7. Certificación de todas las pruebas.

En particular, las pruebas de cables se realizarán inmediatamente después de que éstos sean tendidos y antes de efectuar la conexión. El cableado será comprobado en cuanto a la correcta identificación, continuidad y resistencia de aislamiento entre conductores y entre éstos a tierra. Estas pruebas de continuidad y resistencia de aislamiento se realizarán empleando el equipo para cumplir con los reglamentos aplicables.

## 4. INSTALACIONES MECÁNICAS

### 4.1. General

Las prestaciones del Adjudicatario requeridas en esta especificación comprenden los siguientes conceptos:

- Suministro de todos los equipos, con aportación del material de fijación, abarcones, tortillería, juntas y todos los accesorios necesarios para el correcto montaje y funcionamiento, aun cuando no estuviesen expresamente especificados, incluso todos los elementos necesarios para realizar el movimiento de materiales en obra, grúas, andamios, elementos de acceso y protección, y, en general, de todos los equipos auxiliares que se precisen.
- Pintado e identificación según norma UNE 1063 de todos los tramos de tubería y de sus correspondientes soportes y accesorios.
- Pruebas de presión y estanqueidad.
- Revisión y puesta en servicio.
- Confección de los croquis de detalles constructivos y de montaje necesarios, que serán sometidos a la aprobación de la Dirección de Obra antes de su ejecución.
- Confección del proyecto “*as built*” de todos los tramos, incluyendo los trazados isométricos, plantas y detalles.
- Tramitación de los permisos necesarios, aportando la documentación oportuna.

Para la elaboración de la oferta, el Adjudicatario deberá:

- Tener en cuenta todo aquello que considere necesario para la ejecución de la instalación, aunque no se encuentre especificado en detalle.
- Valorar el grado de dificultad de montaje de las diferentes redes, previendo todo tipo de equipos necesarios para su ejecución.
- Identificar in situ el lugar de la obra, con el fin de tener en cuenta en su oferta todo aquello que considere necesario para el desarrollo de la misma, y no se encuentre especificado en detalle.
- Atenerse a las normas de seguridad e higiene en el trabajo establecidas, atendiendo en todo momento las indicaciones que estime oportunas la Propiedad.
- Tomar en consideración que el área que se le adjudique dentro de los terrenos para el almacenamiento de materiales, oficinas y servicios, será de su entera responsabilidad, tanto en cuanto a los materiales allí almacenados, herramientas y equipos de montaje, como a efectos personales y documentación en general.
- Del mismo modo, las casetas de obra para el personal y herramientas serán por su cuenta y deberán ser retiradas al finalizar los trabajos referidos en la oferta realizada.

## **4.2. Materiales**

Las especificaciones de los materiales objeto de este Pliego, salvo indicación contraria en los planos, serán las indicadas a continuación.

### **4.2.1. Accesorios**

Los accesorios, codos, reducciones, etc., serán según la norma DIN correspondiente, teniendo en cuenta las necesidades de trazado en cada caso. Las juntas serán de los siguientes espesores mínimos y materiales:

- Hasta 2 1/2": Teflón
- De 2 1/2" a 4": 2 mm metal o plástico
- De 4" a 12": 3 mm metal o plástico
- De 12" en adelante: 4 mm metal o plástico

### **4.2.2. Soportes**

Podrán emplearse soportes normalizados de fabricación estándar cuando las condiciones de montaje lo permitan. En los demás casos los soportes se construirán in situ utilizando perfiles angulares, mínimo 60-60-6 mm, o bien perfiles doble T de ala ancha.

Las tuberías aéreas o en galerías se soportarán como máximo cada 8 m para diámetros superiores a 6" y cada 4 m para los demás diámetros, debiéndose prever soportes intermedios adecuados si fuesen necesarios. Los abarcones para la sujeción de tuberías no sometidas a esfuerzos térmicos hasta 4" de diámetro, serán de redondo de acero al carbono con puntas roscadas y sobre tuerca, según DIN-3570. Para diámetros mayores a 4" se usará pletina de acero al carbono a la que se soldarán espárragos de varilla roscada con doble tuerca para su amarre al soporte, DIN-1593.

### **4.2.3. Recipientes a presión**

Los recipientes a presión cumplirán con el Reglamento de Aparatos a Presión, tanto en su dimensionamiento como en su montaje y operación.

## **4.3. Condiciones de ejecución**

### **4.3.1. Tuberías y accesorios**

#### **Uniones**

Las uniones de tuberías se realizarán mediante soldadura a tope o a rosca cilíndrica, según se indique. Los accesorios, codos, tes, reducciones, etc., se unirán también por medio de soldadura a tope.

### Documento III. Pliego de condiciones

Las conexiones a válvulas se harán con bridas de cuello según normas ANSI. Las uniones de montaje y desmontaje se harán también con bridas de cuello según normas ANSI.

No se admitirá calentamiento de la tubería que sirva para remediar sobre otros efectos de alineación.

La longitud de tubos suministrados será como mínimo de 8 m, la longitud media no será inferior a 9 m.

No se admitirán en los tubos:

- Grietas o pliegues de laminado
- Abolladuras.
- Las rayas, corrosiones que puedan atacar la resistencia mecánica del tubo.
- Las asperezas o escamas internas visibles que no ataquen la resistencia mecánica del tubo, pero susceptibles de serlo durante la explotación.

Todos los codos, tes, válvulas, tubos, etc., deberán estar colocados de forma que se puedan desmontar.

En todos los puntos se podrán apretar o soldar los tornillos de bridas, juntas, etc., con facilidad.

En los lugares en que se coloquen codos o tes, se sujetarán estos a ambos lados, de forma que no puedan ser expulsados.

#### **Interferencias de trazado**

Para salvar cruzamientos de tuberías de la misma altura, no deberán formarse codos hacia arriba, salvo indicación expresa de la Dirección de Obra.

Cuando deban ponerse dos o más codos en un tramo y montarse de tal manera que se eviten puntos de acumulación de aire, y cuando estos sean inevitables se instalará en ellos un purgador automático.

#### **Curvado**

Toda tubería de diámetro menor de 1 1/2" irá doblada al frío, respetando la sección circular a lo largo del desarrollo curvado.

Las tuberías de diámetro mayor de 1 1/2" irán mediante curvas de tipo N- 3D (DIN 2605).

Los tubos doblados tendrán un radio de curvatura constante en todos los puntos, estando exentos de pliegues, deformación, variaciones de espesor, etc.

### **Soldadura**

La soldadura de los tubos está prevista a tope, no permitiéndose la soldadura a solape. El material necesario para la soldadura al arco será por cuenta del Adjudicatario.

Para la ejecución de las soldaduras si es preciso se exigirá la limpieza interior del tubo metálico por paso de una escobilla. Sus extremidades calibradas serán verificadas con la ayuda de un tapón calibrado.

El tubo será alineado de forma que su eje se confunda con el precedente y las extremidades a soldar serán mantenidas en su sitio durante el puenteo con la ayuda de un dispositivo apropiado. Preferentemente, ese dispositivo será introducido en el tubo y deberá impedir la ovalización del tubo por expansión de este último. No será tolerada ninguna desnivelización de los bordes superiores a 1,2 mm.

El juego entre los tubos deberá ser tal que en la ejecución de la soldadura la fusión del metal de base afecte a todo el espesor de su pared. Los accesos de la soldadura serán librados de toda traza de cuerpos de origen mineral u orgánico.

Ninguna gota de soldadura será tolerada en el interior del tubo.

La penetración de la soldadura será regular, al contrario de las juntas, será de débil volumen y su espesor será tal que la suma de su valor y del de la desnivelización eventual de los bordes no podrá exceder de 1,6 mm. El cordón de metal depositado no llevará huecos o surcos laterales.

Los soldadores que intervengan en los trabajos deberán presentar los certificados de homologación y calificación otorgados por la Autoridad competente.

La calificación de los soldadores y la recepción por radiografía de las soldaduras se hace según lo indicado a continuación:

- Falta de penetración: junta soldada no interesando la totalidad del espesor de la pared del tubo. Una longitud máxima de 25 mm de soldadura no penetrada no será admitida más que cuando esté comprendida entre dos cordones reconocidos sin defecto de 150 mm de longitud unitaria.
- Falta de fusión (*collage*): junta soldada por la cual el metal de base del tubo no ha sido fundido. Una longitud máxima de 25 mm de soldadura no fundida no será admitida más que cuando esté comprendida entre dos cordones reconocidos sin defecto de 150 mm de longitud unitaria.

### Documento III. Pliego de condiciones

- Sopladuras: Una longitud máxima acumulada de 25 mm por 100 mm de cordón no será admitida más que si el cordón es reparado por 300 mm de soldadura sin defecto.
- Inclusiones gaseosas: Su longitud será inferior a 3 no serán definidos.
- Inclusiones de escorias: Igual que sopladuras
- Inclusiones alineadas de escorias: La línea de escoria no podrá tener una longitud máxima de 50 mm y un espesor máximo de 1,5 mm más que si el cordón afectado está comprendido entre dos sopladoras reconocidas sin defecto de 300 mm de longitud mínima unitaria.
- Canales o surcos laterales: Un canal continuo de 4/10 mm no podrá ser tolerado más que si la longitud es superior a 25 mm.
- Cráteres en la superficie del cordón: Su profundidad será inferior a 1/100 mm,
- Sobredimensionamiento exterior del cordón: Comprendido entre 1 y 3 mm.
- Penetración y falta de alineación: El espesor de estos dos defectos acumulados será inferior a 1,6 mm.
- Fisuras: Prohibidas.

Los defectos mencionados podrán acumularse sobre una longitud máxima de 50 mm a condición de que esta acumulación esté comprendida entre dos soldaduras sin defecto, teniendo una longitud mínima de 300 mm. En ningún caso la longitud total de las combinaciones de defectos podrá exceder del 10% de la longitud de cordón soldado.

En cuanto a la identificación de soldaduras, el Adjudicatario tendrá en dos ejemplares un cuaderno de soldadura, en el que se indicará:

- El número de soldadura (un mismo número no podrá designar dos soldaduras diferentes).
- El número de fabricación de los tubos.
- El marcado de las soldaduras con relación a marcas bien determinadas.
- El indicativo del soldador que ha ejecutado la soldadura.
- Las características de los electrodos empleados.
- La fecha de ejecución.
- La fecha del examen grammagráfico.
- El indicativo del controlador.
- La fecha y resultados de los ensayos grammagráficos.
- Las longitudes exactas de los elementos tubulares derechos y acortados entre dos soldaduras.

Toda soldadura reconocida defectuosa al examen o a la prueba de estanqueidad indicada más adelante será reparada por cuenta del Adjudicatario.

La reparación se efectuará bien por repetición local del defecto bien por reemplazamiento completo de la soldadura defectuosa.

Cuando la repetición local afecte a la primera pasada (pasada de fondo) serán tomadas todas las precauciones para que la penetración responda a las especificaciones anteriormente citadas.

El reemplazamiento completo de la soldadura definitiva será efectuado por soldadura de un cordón, reemplazando la soldadura quitada.

Cada soldadura sustituida, localmente o en su totalidad, será registrada en el “cuaderno de soldaduras”, siguiendo las especificaciones citadas, más en el caso de una intervención localizada se hará constar también la longitud del cordón reparado y del modo de ejecución.

### **Pruebas de estanqueidad y presión**

Una vez terminada de montar una red de un fluido, se procederá a verificar la misma, comprobando el apriete de los tornillos de bridas, que existan todos los tornillos en las bridas y que existan juntas entre ellas. En las uniones roscadas se comprobará la junta de unión (cinta de teflón).

En las válvulas se comprobará su posición correcta, abierta o cerrada según los casos.

Realizada la comprobación anterior, se realizará la prueba de estanqueidad, utilizando para ello agua a temperatura ambiente y a la presión de trabajo durante un período de veinticuatro horas.

Las pruebas de presión de las tuberías deberán efectuarse durante 60 minutos a 1,5 veces la presión normal de trabajo, para lo cual el Adjudicatario deberá prever los elementos necesarios.

Todos los gastos ocasionados por las citadas pruebas correrán por cuenta del Adjudicatario, así como las correcciones que se deban efectuar hasta conseguir los resultados requeridos.

### **4.3.2. Soportes y estructuras**

En este apartado se establecen las condiciones técnicas requeridas para el suministro y montaje de los soportes necesarios para las tuberías objeto de la especificación.

### **Diseño de materiales y fabricación**

Los materiales a emplear serán los indicados en los planos.

Todos los materiales de chapa a emplear por el suministrador, deberán venir avalados por certificados de calidad de la siderúrgica.

### Documento III. Pliego de condiciones

Los perfiles laminados bastarán con que lleven la marca de calidad impresa en el relieve de laminación.

Todos los materiales de aportación de soldadura vendrán avalados por sus certificados de calidad. Este material será controlado durante los procesos de fabricación y reparación de elementos para comprobar que el material usado es el especificado.

Las tolerancias dimensionales de los productos laminados serán los indicados en la norma UNE 36080.

#### **Uniones soldadas**

El instalador será totalmente responsable de que el trabajo, tanto mano de obra como ejecución, cumpla las especificaciones requeridas.

Todas las soldaduras se efectuarán por alguno de los siguientes procedimientos:

- Arco manual con electrodo revestido.
- Semiautomática con protección de dióxido de carbono o gas inerte con electrodo macizo.
- Automática con arco sumergido.

El instalador entregará para su aprobación los procedimientos de soldadura a emplear, en los que figurará como mínimo:

- Preparación de bordes.
- Posición.
- Proceso empleado, con indicación de parámetros.
- Características del metal de aportación.
- Secuencia y número de pasadas.
- Temperaturas de precalentamiento y método.
- Tratamiento térmico final, si se aplica.

Las características mecánicas del metal depositado serán como mínimo las indicadas para el material base.

No se permitirá la realización de ninguna soldadura, ni siquiera provisional, a soldadores no homologados.

## **4.4. Pinturas y aislamiento**

### **4.4.1. Tuberías y accesorios**

Las tuberías se limpiarán a base de chorreado de arena, grado Sa 2 1/2. Las tuberías de acero al carbono, se tratarán según se indica:

- Limpieza. La superficie exterior de las tuberías, curvas, etc. se limpiarán a base de raspado, cepillado manual con cepillo de acero para dejar la superficie en un grado de acabado correspondiente a St-2 de la norma SIS 055-900.
- Imprimación. Una vez limpia la tubería según el procedimiento indicado anteriormente e inmediatamente después, se le dará a ésta una capa de imprimación de un espesor mínimo de 40 micras de película seca.
- Acabado. A base de dos manos de pintura acrílica, siendo ambas manos de diferentes tonos y con un espesor de 35 micras de película seca cada una.

La señalización de tuberías será según norma UNE 1063.

Las tuberías enterradas en arena lavada se protegerán previo chorreado según grado Sa 2 1/2, con una capa de imprimación de un espesor mínimo de 40 micras de película y doble encintado.

Para las tuberías enterradas en hormigón únicamente se realizará un chorreado según grado Sa 2 1/2.

Las tuberías que sean calorifugadas dispondrán de diferentes espesores de aislamiento en función de los diámetros, según lo especificado. El acabado exterior será mediante envolvente de chapa de aluminio de 0,8 mm de espesor debidamente curvada, soplada, baldonada en sus extremos y fijada mediante tornillos. En los codos o curvas la chapa irá en segmentos independientes, engatillados y atornillados entre sí.

### **4.4.2. Soportes**

Los soportes se tratarán según se indica:

- Limpieza a base de chorreado de arena, grado Sa 2 1/2.
- Imprimación anticorrosiva, con un espesor no inferior a 40 micras, y una capa de fondo al clorocaucho de alto espesor (80 micras).
- Acabado a base de dos manos de pintura acrílica, siendo ambas de diferentes tonos y con un espesor mínimos de 50 micras cada una. El color y los tonos se elegirán de acuerdo con la Propiedad.

## **4.5. Control de calidad. Inspección y pruebas**

### **4.5.1. Requisitos generales**

El Adjudicatario realizará y mantendrá un Plan de Control de Calidad.

El Adjudicatario controlará los documentos, procedimientos e informes relacionados con las calidades de los equipos. La Propiedad o su representante tendrán accesibilidad a estos documentos, procedimientos e informes cuando así lo requiera.

El Adjudicatario identificará, documentará y notificará a la Propiedad todos los incumplimientos o desviaciones de los requisitos de esta especificación.

Al final de los trabajos se entregará a la Propiedad la documentación generada en los trabajos.

### **4.5.2. Pruebas y ensayos de tuberías.**

#### **4.5.2.1. Ensayos no destructivos**

##### **General**

El Adjudicatario será el responsable de todos los exámenes no destructivos y pruebas de tuberías suministradas bajo esta especificación.

La Propiedad tendrá autoridad para detener el trabajo o retener el envío si los requisitos de la especificación, incluyendo aquellos referentes a la documentación, no han sido cumplidos.

Todos los exámenes no destructivos serán realizados por personal cualificado.

##### **Soldaduras a ser examinadas**

La tubería igual o superior a 2" será radiografiada en su soldadura en un 5%. Si el índice de rechazo fuese superior al 10% de las soldaduras inspeccionadas, se supervisará el 100%. Además, serán también radiografiadas las soldaduras que estando incluidas en líneas con prueba de presión no puedan ser sometidas a ella.

En las soldaduras que no van a ser examinadas volumétricamente y cuya ejecución se realice saneando de raíz, se controlará el correcto saneado por medio de un examen de líquidos penetrantes.

Todas las reparaciones por soldaduras serán examinadas por líquidos penetrantes o partículas magnéticas. Las reparaciones importantes en tuberías serán radiografiadas.

En aquellas soldaduras que no se realicen radiografías se aplicará la inspección por líquidos penetrantes.

### **Procedimientos de examen**

#### **I. Examen radiográfico**

Los procedimientos y las normas de aceptación estarán de acuerdo con el código ASME, sección V.

La interpretación final de la película y la aceptación o rechazo de la película y las soldaduras será efectuada por la Propiedad. El Adjudicatario inspeccionará y aceptará la película y las soldaduras antes de someterlas a supervisión de la Propiedad.

La densidad aceptable de la película a través del metal de soldadura será de 2,0 a 3,8 para revisión sencilla. Se utilizará la técnica radiografiada de visión sencilla película doble.

Para la radiografía de tuberías se colocará un cinturón numerado sobre la tubería para localizar sus defectos. El cinturón constará de números de plomo entre 6,4 y 12,7 mm de alto, e irán espaciados exactamente 24,5 mm para los tamaños de tubería de 2 1/2" a 8". El cinturón empezará con (0) y circundará la tubería.

La dirección de los números quedará permanentemente identificada sobre la tubería.

No se efectuarán agujeros en las tuberías para las radiografías sin la aprobación por escrito de la Propiedad.

#### **II. Examen por líquidos penetrantes**

Los procedimientos y las normas de aceptación estarán de acuerdo con el código ASME. No se permitirá el uso de líquidos penetrantes eliminables por agua.

### **Mediciones de espesor de la pared**

Se realizará un mínimo de cuatro mediciones de grosor de la pared, distanciadas entre sí a 90° sobre los extremos de todas las tuberías y accesorios o según lo requiera la Propiedad cuando el espesor de la pared se especifique por la pared mínima de la Lista de Línea.

La aceptación de la tubería y accesorios se basará en la pared mínima especificada más la tolerancia de medición.

Las mediciones de espesor y su situación se reflejarán en su informe y una copia del mismo será enviada a la Propiedad para su aprobación.

### **4.5.3. Pruebas hidrostáticas**

Después de la instalación, todos los conjuntos fabricados serán sometidos a una prueba hidrostática de acuerdo con el código ASME.

El Adjudicatario garantizará su trabajo como capaz de resistir dicha prueba.

#### **4.5.3.1. Inspección y prueba en soporte**

##### I. Inspección en soldaduras

El Adjudicatario realizará la inspección de las soldaduras de acuerdo con la presente especificación, cuyo alcance será el indicado en el apartado.

Las soldaduras se inspeccionarán visualmente al 100%. Además se inspeccionarán mediante muestreo el 5% con líquidos penetrantes o, como alternativa, con partículas magnéticas.

Cuando la inspección mediante muestreo detecte que la soldadura correspondiente no cumple los requisitos de calidad mínimos, se efectuará una inspección de una muestra adicional del 10% mediante radiografiado. Esta muestra a examinar adicionalmente será la seleccionada por la Propiedad.

Si la inspección adicional revela que la soldadura cumple los requisitos mínimos de calidad de esta especificación, se repararán los defectos anteriormente detectados y se considerarán aceptables las soldaduras.

Si la muestra adicional examinada revela que la soldadura no cumple con los requisitos mínimos de calidad de esta especificación se inspeccionará totalmente el resto de soldaduras mediante radiografiado, y la soldadura que no cumpla con las normas de aceptación será eliminada, soldada e inspeccionada de nuevo.

##### II. Inspección radiográfica

#### **Procedimiento**

El examen radiográfico se efectuará de acuerdo con el artículo 2º de la subsección A, sección V del código ASME y empleando la técnica radiográfica especificada en la SE-94.

La densidad de la película deberá estar de acuerdo con lo indicado en el subartículo 234 de la sección V del código ASME.

### **Criterios de Aceptación**

Serán inaceptables los siguientes defectos:

- Toda grieta, falta de fusión o falta de penetración, cualquiera que sea su longitud.
- Toda porosidad por encima de la aceptada en el apéndice IV sección VIII del código ASME.
- Todo grupo de indicaciones en línea cuya suma de longitudes sea mayor que T en una longitud 12T y la distancia entre dos indicaciones contiguas sea menor de 6L, siendo T el espesor de la soldadura y L la longitud más larga del grupo.
- Toda indicación lineal cuya longitud sea mayor de (siendo T el espesor de la soldadura):

6 mm para  $T \leq 19$  mm

$1/3 T$  para  $16 \leq T \leq 57$  mm

19 mm para  $T > 57$  mm

### III. Inspección con líquidos penetrantes

#### **Procedimiento**

Se hará de acuerdo con el artículo 6º de la sección V del código ASME siguiendo las recomendaciones del fabricante de los líquidos penetrantes empleados en la inspección.

#### **Criterios de Aceptación**

Serán inaceptables los siguientes defectos:

- Indicaciones redondas de tamaño superior a 5 mm.
- Toda grieta, cualquiera que sea su longitud.
- Cuatro o más indicaciones redondas en línea, separadas entre sí menos de 1,5 mm de borde a borde.
- Toda indicación lineal cuya longitud sea mayor de 1,5 mm.

### IV. Inspección con partículas magnéticas

#### **Procedimiento**

Se hará de acuerdo con el artículo 7º de la sección V del código ASME empleando el método más idóneo según la geometría de la pieza.

### **Criterios de aceptación**

Serán los mismos que en el caso de la inspección con líquidos penetrantes.

### V. Inspección visual

#### **Criterios de aceptación**

Se considerarán defectuosos y deberán ser reparados mediante esmerilado los cordones de soldadura a tope que presenten sobreespesores superiores a los indicados:

- Espesor de la chapa Hasta 25 mm.
- Máximo sobreespesor 2,4 mm

Asimismo, deberán ser reparados los cordones de soldaduras que presenten mordeduras de profundidad superior a 0,8 mm.

#### **4.5.3.2. Reparación de soldaduras**

En caso de duda sobre la bondad de una soldadura, la Propiedad podrá realizar por su cuenta inspecciones de nivel superior. Si dichas inspecciones demostrasen que las soldaduras son inaceptables, el costo de las mismas y su reparación serán por cuenta del Adjudicatario.

Todas las reparaciones de soldadura se efectuarán de acuerdo con los procedimientos aprobados y se supervisarán según los métodos especificados.

#### **4.5.4. Control dimensional**

En caso de duda sobre la bondad de una soldadura, la Propiedad podrá realizar por su cuenta inspecciones de nivel superior. Si dichas inspecciones demostrasen que las soldaduras son inaceptables, el costo de las mismas y su reparación serán por cuenta del Adjudicatario.

Todas las reparaciones de soldadura se efectuarán de acuerdo con los procedimientos aprobados y se supervisarán según los métodos especificados.

## **5. DOCUMENTACIÓN**

Todos los documentos requeridos a lo largo del presente Pliego, forman parte inseparable del proyecto.

Todos serán realizados en español y adoptarán el Sistema Internacional (S.I.) de unidades.

Formarán parte de este apartado como mínimo los siguientes documentos:

1. Modificación o complemento a los proyectos existentes para permisos oficiales de Unión Eléctrica Fenosa y Delegación de Industria para la instalación de Baja Tensión y demás elementos de la instalación eléctrica.
2. Planos de disposición: representarán los equipos en detalle y perfectamente acotados.
3. Plano de detalle de montaje: representarán todos los detalles necesarios para la correcta ejecución del montaje de los equipos.
4. Lista de materiales: deberá reflejar todos los datos necesarios sobre las diferentes partes del equipo susceptibles de ser repuestas.
5. Lista de planos: consistirá en una relación del conjunto de planos, número de hojas, título y número de la última revisión.
6. Instrucciones de montaje.
7. Instrucciones de servicio.
8. Instrucciones de mantenimiento.

## 6. EQUIPOS

### 6.1. Lista de equipos

La instalación implantada para la producción de acrilonitrilo, comprende los equipos incluidos en la tabla 1.

**Tabla 1.** Lista de equipos

<b>Sección 100</b>	
E-101	Intercambiador de calor
E-102	Intercambiador de calor
E-103	Intercambiador de calor
E-104	Intercambiador de calor
K-101	Compresor
R-101	Reactor
R-102	Reactor
T-101	Apagador
<b>Sección 200</b>	
E-201	Intercambiador de calor
E-202	Intercambiador de calor
E-203	Condensador de T-202
E-204	Caldera de T-202
E-205	Condensador de T-203
E-206	Caldera de T-203
E-207	Intercambiador de calor
S-201	Separador de fases
V-201	Tanque de condensado
V-202	Tanque de condensado
T-201	Columna de absorción
T-202	Columna de destilación extractiva
T-203	Columna de destilación
P-201 A/B	Bomba
P-202 A/B	Bomba
P-203 A/B	Bomba
<b>Sección 300</b>	
E-301	Condensador de T-301
E-302	Caldera de T-301
E-303	Condensador de T-302
E-304	Caldera de T-302
V-301	Tanque de condensado
V-302	Tanque de condensado
T-301	Columna de destilación
T-302	Columna de destilación
P-301 A/B	Bomba
P-302 A/B	Bomba

## 6.2. Especificaciones de los equipos

En este apartado se incluyen las especificaciones de los equipos diseñados en el presente proyecto.

**Tabla 2.** Datos del intercambiador de calor E-101

<b>Intercambiador E-101</b>	
Fluido carcasa	Vapor de agua
Fluido tubos	Propileno
T entrada tubos (°C)	35
T salida tubos (°C)	150
T entrada carcasa (°C)	180
T salida carcasa (°C)	180
N° tubos	69
D <sub>e</sub> tubos (m)	0,025
D <sub>i</sub> tubos (m)	0,021
L tubos (m)	1,829
D <sub>s</sub> carcasa (m)	0,372
Pasos	1/2
Disposición tubos	Triangular
A (m <sup>2</sup> )	9,838
U (W/m <sup>2</sup> ·°C)	281,529
Material	Acero al carbono

**Tabla 3.** Datos del intercambiador de calor E-102

<b>Intercambiador E-102</b>	
Fluido carcasa	Vapor de agua
Fluido tubos	Amoníaco
T entrada tubos (°C)	35
T salida tubos (°C)	150
T entrada carcasa (°C)	180
T salida carcasa (°C)	180
N° tubos	68
D <sub>e</sub> tubos (m)	0,025
D <sub>i</sub> tubos (m)	0,021
L tubos (m)	1,219
D <sub>s</sub> carcasa (m)	0,371
Pasos	1/2
Disposición tubos	Triangular
A (m <sup>2</sup> )	6,490
U (W/m <sup>2</sup> ·°C)	244,710
Material	Acero inoxidable

**Tabla 4.** . Datos del intercambiador de calor E-103

<b>Intercambiador E-103</b>	
Fluido carcasa	Vapor de agua
Fluido tubos	Aire
T entrada tubos (°C)	80
T salida tubos (°C)	150
T entrada carcasa (°C)	180
T salida carcasa (°C)	180
Nº tubos	218
D <sub>e</sub> tubos (m)	0,038
D <sub>i</sub> tubos (m)	0,034
L tubos (m)	1,219
D <sub>s</sub> carcasa (m)	0,885
Pasos	1/2
Disposición tubos	Triangular
A (m <sup>2</sup> )	31,593
U (W/m <sup>2</sup> ·°C)	249,281
Material	Acero al carbono

**Tabla 5.** Datos de los reactores R-101 y R-102

<b>Datos del catalizador</b>	
Diámetro de partícula (mm)	1
Densidad de partícula (g/ml)	1,2
Pérdidas en 5 años (lb/d)	200
<b>Datos del reactor</b>	
A (m <sup>2</sup> )	1,70
D (m)	1,47
H (m)	2,09
V (m <sup>3</sup> )	3,90
Material	Acero inoxidable

**Tabla 6.** Datos de la torre de absorción T-201

<b>Tipo de relleno</b>	Raschig 2"
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	4,93
<b>D (m)</b>	2,51
<b>h (m)</b>	7,18
<b>Material</b>	Acero al carbono

# **DOCUMENTO IV**

Presupuesto

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. MÉTODO FACTORIAL .....	4
2.1 Coste de los equipos entregados .....	4
3. PRESUPUESTOS PARCIALES .....	8
3.1. Equipos entregados .....	8
3.2. Instalación de equipos .....	9
3.3. Tuberías.....	10
3.4. Instrumentación y control .....	11
3.5. Instalación eléctrica.....	12
3.6. Utilidades .....	13
3.7. Off-site .....	14
3.8. Edificios .....	15
3.9. Acondicionamiento .....	16
3.10. Otros.....	17
4. PRESUPUESTO TOTAL.....	18
5. VIABILIDAD ECONÓMICA .....	19
5.1. Flujos netos de caja .....	19
5.2. Valor actual neto .....	21
5.3. Tasa interna de retorno.....	21

## 1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se proporciona el presupuesto de obra e instalación al que asciende la construcción de la planta de producción de acrilonitrilo.

Para el cálculo del presupuesto se pueden considerar las siguientes partes:

- Equipo entregado: donde se incluye el coste de cada equipo.
- Instalación de equipos: donde se incluyen las cimentaciones, materiales, maquinaria, mano de obra y montaje de los mismo.
- Tuberías, aislamiento y pintura: donde se incluye el coste de la instalación de las tuberías, el aislamiento de equipos y tuberías y el pintado de equipos.
- Instrumentación y control: donde se incluyen los materiales, equipos de control y su programación y montaje.
- Instalación eléctrica: donde se incluye la instalación de los cables y de los equipos eléctricos necesarios y su montaje.
- Utilidades: donde se incluyen la generación y distribución de vapor de agua y electricidad, tratamiento de efluentes, agua de refrigeración, entre otras.
- Off-site: donde se incluyen los edificios auxiliares, los sistemas de comunicación, las instalaciones de almacenamiento, etc.
- Edificios: donde se incluye el edificio principal y los servicios
- Acondicionamiento del sitio: donde se incluyen las excavaciones, nivelaciones, limpieza de la superficie, movimientos de tierra, etc.
- Costes indirectos: donde se incluyen el diseño, ingeniería y construcción, y el fondo de contingencias
- Capital circulante

## 2. MÉTODO FACTORIAL

El método utilizado para calcular o aproximar cada uno de los presupuestos parciales que se han comentado en el apartado anterior, es el método factorial. Se basa en una estimación del coste de los equipos y en función del mismo, calcular el coste de las demás partidas utilizando una serie de factores.

La precisión del método dependerá de la fase en la que se encuentre el proyecto. Así, cuanto mayor sea el grado de conocimiento de los datos de diseño, menor será la incertidumbre del presupuesto calculado. En este caso, cabe destacar que se trata de un cálculo aproximado puesto que no se ha llevado a cabo el diseño de toda la instalación y se han tenido que hacer las estimaciones oportunas.

### 2.1 Coste de los equipos entregados

Para estimar el coste de los equipos mecánicos se utiliza la ecuación 1 que tiene en cuenta los factores que afectan al mismo como son el material, la presión y la temperatura.

$$C_E = C_B \cdot \left(\frac{Q}{Q_B}\right)^M \cdot f_M \cdot f_P \cdot f_T \quad [1]$$

donde

$C_E$  es el coste de un equipo con capacidad  $Q$  conocida

$C_B$  es el coste base de un equipo con capacidad  $Q_B$  conocida

$M$  es una constante que depende del equipo

$f_M$  es el factor de corrección en función del material

$f_P$  es el factor de corrección en función de la presión

$f_T$  es el factor de corrección en función de la temperatura

Los datos necesarios para la aplicación de la ecuación anterior se encuentran publicados en el libro “*Chemical Processes: Design and Integration* (Smith, R)” y recogidos en las tablas 1,2,3,4 y 5, extraídas del mismo.

**Tabla 1.** Datos para el cálculo del coste de los equipos

Equipment	Material of construction	Capacity measure	Base size $Q_B$	Base cost $C_B$ (\$)	Size range	Cost exponent $M$
Agitated reactor	CS	Volume (m <sup>3</sup> )	1	$1.15 \times 10^4$	1–50	0.45
Pressure vessel	SS	Mass (t)	6	$9.84 \times 10^4$	6–100	0.82
Distillation column (Empty shell)	CS	Mass (t)	8	$6.56 \times 10^4$	8–300	0.89
Sieve trays (10 trays)	CS	Column diameter (m)	0.5	$6.56 \times 10^3$	0.5–4.0	0.91
Valve trays (10 trays)	CS	Column diameter (m)	0.5	$1.80 \times 10^4$	0.5–4.0	0.97
Structured packing (5 m height)	SS (low grade)	Column diameter (m)	0.5	$1.80 \times 10^4$	0.5–4.0	1.70
Scrubber (Including random packing)	SS (low grade)	Volume (m <sup>3</sup> )	0.1	$4.92 \times 10^3$	0.1–20	0.53
Cyclone	CS	Diameter (m)	0.4	$1.64 \times 10^3$	0.4–3.0	1.20
Vacuum filter	CS	Filter area (m <sup>2</sup> )	10	$8.36 \times 10^4$	10–25	0.49
Dryer	SS (low grade)	Evaporation rate (kg H <sub>2</sub> O·h <sup>-1</sup> )	700	$2.30 \times 10^5$	700–3000	0.65
Shell-and-tube heat exchanger	CS	Heat transfer area (m <sup>2</sup> )	80	$3.28 \times 10^4$	80–4000	0.68
Air-cooled heat exchanger	CS	Plain tube heat transfer area (m <sup>2</sup> )	200	$1.56 \times 10^5$	200–2000	0.89
Centrifugal pump (Small, including motor)	SS (high grade)	Power (kW)	1	$1.97 \times 10^3$	1–10	0.35
Centrifugal pump (Large, including motor)	CS	Power (kW)	4	$9.84 \times 10^3$	4–700	0.55
Compressor (Including motor)		Power (kW)	250	$9.84 \times 10^4$	250–10,000	0.46
Fan (Including motor)	CS	Power (kW)	50	$1.23 \times 10^4$	50–200	0.76
Vacuum pump (Including motor)	CS	Power (kW)	10	$1.10 \times 10^4$	10–45	0.44
Electric motor		Power (kW)	10	$1.48 \times 10^3$	10–150	0.85
Storage tank (Small atmospheric)	SS (low grade)	Volume (m <sup>3</sup> )	0.1	$3.28 \times 10^3$	0.1–20	0.57
Storage tank (Large atmospheric)	CS	Volume (m <sup>3</sup> )	5	$1.15 \times 10^4$	5–200	0.53
Silo	CS	Volume (m <sup>3</sup> )	60	$1.72 \times 10^4$	60–150	0.70
Package steam boiler (Fire-tube boiler)	CS	Steam generation (kg·h <sup>-1</sup> )	50,000	$4.64 \times 10^5$	50,000–350,000	0.96
Field erected steam boiler (Water-tube boiler)	CS	Steam generation (kg·h <sup>-1</sup> )	20,000	$3.28 \times 10^5$	10,000–800,000	0.81
Cooling tower (Forced draft)		Water flowrate (m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	10	$4.43 \times 10^3$	10–40	0.63

CS = carbon steel; SS (low grade) = low-grade stainless steel, for example, type 304; SS (high grade) = high-grade stainless steel, for example, type 316

**Tabla 2.** Factor de corrección del material para equipos

Material	Correction factor $f_M$
Carbon steel	1.0
Aluminum	1.3
Stainless steel (low grades)	2.4
Stainless steel (high grades)	3.4
Hastelloy C	3.6
Monel	4.1
Nickel and inconel	4.4
Titanium	5.8

**Tabla 3.** Factor de corrección del material para recipientes a presión y columnas de destilación

Material	Correction factor $f_M$
Carbon steel	1.0
Stainless steel (low grades)	2.1
Stainless steel (high grades)	3.2
Monel	3.6
Inconel	3.9
Nickel	5.4
Titanium	7.7

**Tabla 4.** Factor de corrección del material para intercambiadores de carcasa y tubos

Material	Correction factor $f_M$
CS shell and tubes	1.0
CS shell, aluminum tubes	1.3
CS shell, monel tubes	2.1
CS shell, SS (low grade) tubes	1.7
SS (low grade) shell and tubes	2.9

**Tabla 5.** Factor de corrección de la presión

Design pressure (bar absolute)	Correction factor $f_P$
0.01	2.0
0.1	1.3
0.5 to 7	1.0
50	1.5
100	1.9

**Tabla 6.** Factor de corrección de la temperatura

Design temperature (°C)	Correction factor $f_T$
0–100	1.0
300	1.6
500	2.1

## Documento IV. Presupuesto

Por otra parte, hay que tener en cuenta que el coste base debe ser actualizado en función del año de construcción del equipo. Para ello, se utilizan los índices CEPCI (*Chemical Engineering Plant Cost Index*) y la ecuación 2.

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\text{índice 1}}{\text{índice 2}} \quad [2]$$

donde

$C_1$  es el coste del equipo en el año 1

$C_2$  es el coste del equipo en el año 2

Índice 1 es el índice CEPCI en el año 1

Índice 2 es el índice CEPCI en el año 2

Se debe tener en cuenta que los datos de la tabla 1 son del año 2010, por lo que habrá que actualizarlos con el índice del año actual. En este caso, se han encontrado los siguientes valores, mostrados en la tabla 7.

**Tabla 7.** Índices CEPCI

<b>CHEMICAL ENGINEERING PLANT COST INDEX (CEPCI)</b>				
	(1957-59 = 100)	Nov. '15 Prelim.	Oct. '15 Final	Nov. '14 Final
CE Index		543.0	547.2	578.4
Equipment		648.9	654.9	702.5
Heat exchangers & tanks		588.6	575.4	649.3
Process machinery		652.3	655.0	662.9
Pipe, valves & fittings		800.4	808.6	875.4
Process instruments		386.6	390.1	411.7
Pumps & compressors		956.5	958.4	942.9
Electrical equipment		508.4	508.2	516.2
Structural supports & misc		713.4	723.6	769.9
Construction labor		324.3	325.8	322.4
Buildings		539.3	540.4	546.9
Engineering & supervision		318.2	317.7	320.1

### 3. PRESUPUESTOS PARCIALES

#### 3.1. Equipos entregados

**Tabla 8.** Presupuesto parcial de los equipos entregados

<b>EQUIPOS ENTREGADOS</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio(€)</b>
E-101	Intercambiador de calor	1	8.830 €
E-102	Intercambiador de calor	1	19.300 €
E-103	Intercambiador de calor	1	19.520 €
E-104	Intercambiador de calor	1	61.080 €
K-101	Compresor	1	147.980 €
R-101	Reactor	1	47.810 €
R-102	Reactor	1	47.810 €
T-101	Apagador	1	82.970 €
E-201	Intercambiador de calor	1	90.200 €
E-202	Intercambiador de calor	1	16.190 €
E-203	Condensador de T-202	1	26.670 €
E-204	Caldera de T-202	1	13.310 €
E-205	Condensador de T-203	1	7.000 €
E-206	Caldera de T-203	1	18.840 €
E-207	Intercambiador de calor	1	22.920 €
V-201	Tanque de condensado	1	2.340 €
V-202	Tanque de condensado	1	2.340 €
S-201	Separador de fases	1	9.970 €
T-201	Columna de absorción	1	212.670 €
T-202	Columna de destilación extractiva	1	374.980 €
T-203	Columna de destilación	1	223.630 €
P-201 A/B	Bomba	2	10.780 €
P-202 A/B	Bomba	2	10.780 €
P-203 A/B	Bomba	2	10.780 €
E-301	Condensador de T-301	1	26.670 €
E-302	Caldera de T-301	1	11.760 €
E-303	Condensador de T-302	1	18.840 €
E-304	Caldera de T-302	1	22.910 €
V-301	Tanque de condensado	1	2.340 €
V-302	Tanque de condensado	1	2.340 €
T-301	Columna de destilación	1	137.980 €
T-302	Columna de destilación	1	199.560 €
P-301 A/B	Bomba	2	10.780 €
P-302 A/B	Bomba	2	10.780 €
<b>TOTAL (€)</b>			<b>1.932.660 €</b>

### 3.2. Instalación de equipos

**Tabla 9.** Presupuesto parcial de la instalación de equipos

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (€)</b>
	Cimentaciones		
Instalación	Materiales y maquinaria	Partida alzada	773.064 €
	Mano de obra		
	Montaje		
	<b>TOTAL (€)</b>		<b>773.064 €</b>

### 3.3. Tuberías

**Tabla 10.** Presupuesto parcial de las tuberías

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (€)</b>
	Instalación de tuberías		
Tuberías	Aislamiento Accesorios Pinturas	Partidaalzada	1.352.862 €
	<b>TOTAL (€)</b>		<b>1.352.862 €</b>

### 3.4. Instrumentación y control

**Tabla 11.** Presupuesto parcial de instrumentación y control

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (€)</b>
Instrumentación y control	Materiales	Partida alzada	386.532 €
	Equipos		
	Programación		
	Montaje		
<b>TOTAL</b>			<b>386.532 €</b>

### 3.5. Instalación eléctrica

**Tabla 12.** Presupuesto parcial de la instalación eléctrica

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (€)</b>
Instalación eléctrica	Cableado	Partida alzada	193.266 €
	Montaje		
	Materiales		
	<b>TOTAL</b>		<b>193.266 €</b>

### 3.6. Utilidades

**Tabla 13.** Presupuesto parcial de las utilidades

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (€)</b>
	Generación y distribución de electricidad		
	Generación y distribución de vapor		
	Agua de proceso		
Utilidades	Agua de refrigeración	Partida alzada	966.330 €
	Agua del sistema contra incendios		
	Tratamiento de efluentes		
	Gas inerte (Nitrógeno)		
	Aire comprimido		
	<b>TOTAL</b>		<b>966.330 €</b>

**3.7. Off-site****Tabla 14.** Presupuesto parcial de off-sites

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (€)</b>
	Edificios auxiliares		
	Carreteras y accesos		
	Sistemas de protección contra incendios		
	Sistemas de comunicación		
Off-site	Sistemas de eliminación de residuos	Partida alzada	386.532 €
	Instalaciones de almacenamiento del producto final		
	Vehículos de servicio de la planta		
	Dispositivos de carga y pesaje		
	<b>TOTAL</b>		<b>386.532 €</b>

### 3.8. Edificios

**Tabla 15.** Presupuesto parcial de edificios

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (€)</b>
Edificios	Edificio principal Servicios	Partida alzada	386.532 €
<b>TOTAL</b>			<b>386.532 €</b>

### 3.9. Acondicionamiento

**Tabla 16.** Presupuesto parcial de acondicionamiento

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (€)</b>
	Excavaciones		
	Nivelaciones		
Acondicionamiento	Limpieza de la superficie Deshidratación y drenaje Movimientos de tierra	Partidaalzada	193.266 €
	<b>TOTAL</b>		<b>193.266 €</b>

### 3.10. Otros

En este apartado se incluyen los costes indirectos y el capital circulante.

**Tabla 17.** Presupuesto parcial de los costes indirectos y capital circulante

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio (€)</b>
Costes indirectos	Diseño	Partida alzada	1.932.660 €
	Ingeniería		
	Construcción		
	Contingencias		773.064 €
Capital circulante	Capital circulante	Partida alzada	1.352.862 €
<b>TOTAL</b>			<b>4.058.586 €</b>

## 4. PRESUPUESTO TOTAL

El presupuesto total estimado para la planta de producción de acrilonitrilo es la suma de todos los presupuestos parciales estudiados.

**Tabla 18.** Presupuesto total

<b>Ítem</b>	<b>Precio (€)</b>
Equipo entregado	1.932.660 €
Instalación de equipos	773.064 €
Tuberías	1.352.862 €
Instrumentación y control	386.532 €
Instalación eléctrica	193.266 €
Utilidades	966.330 €
Off-site	386.532 €
Edificios	386.532 €
Acondicionamiento	193.266 €
Diseño, ingeniería y construcción	1.932.660 €
Contingencias	773.064 €
Capital circulante	1.352.862 €
<b>TOTAL</b>	<b>10.629.630 €</b>

El presupuesto total de la planta de producción de acrilonitrilo asciende a la cantidad total de DIEZ MILLONES SEISCIENTOS VEINTINUEVE MIL SEISCIENTOS TREINTA EUROS.

Santiago de Compostela, Julio del 2016

La autora del proyecto,

Andrea Fernández Vega

## 5. VIABILIDAD ECONÓMICA

El análisis de la rentabilidad del presente proyecto se realiza en base a dos indicadores: Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

### 5.1. Flujos netos de caja

Para poder llevar a cabo el cálculo de los indicadores mencionados se necesita obtener los flujos de caja. Se entiende por flujo de caja la diferencia existente entre los ingresos y los costes que se producen en un período de tiempo determinado.

Para su cálculo, se considera una vida útil de la planta de 15 años, una amortización de 10 años y una tasa de inflación del 1,5%. Los resultados se muestran en las siguientes tablas:

**Tabla 19.** Flujo neto de caja

AÑO	0	1	2
(+) Ingresos por Ventas		56.600.214 €	57.449.217 €
(-)Costes de explotación		55.097.910 €	55.924.378 €
(-)Dotación a la amortización		1.062.963,00 €	1.062.963 €
<b>Beneficios antes de impuestos</b>		439.341 €	461.876 €
(-) Impuestos		43.934 €	46.188 €
<b>Beneficio neto</b>		395.407 €	415.688 €
(+)Dotación a la amortización		1.062.963 €	1.062.963 €
<b>FLUJO NETO DE CAJA</b>	-10.629.630 €	1.458.370 €	1.478.651 €
<b>FLUJO DE CAJA ACUMULADO</b>	- 10.629.630,00 €	-9.171.260 €	- 7.692.609 €

**Tabla 20.** Flujo neto de caja

AÑO	3	4	5
(+) Ingresos por Ventas	58.310.955 €	59.185.620 €	60.073.403,91 €
(-)Costes de explotación	56.763.244 €	57.614.693 €	58.478.912,91 €
(-)Dotación a la amortización	1.062.963 €	1.062.963 €	1.062.963,00 €
<b>Beneficios antes de impuestos</b>	484.748 €	507.964 €	531.528,00 €
(-) Impuestos	48.475 €	50.796 €	53.152,80 €
<b>Beneficio neto</b>	436.274 €	457.168 €	478.375,20 €
(+)Dotación a la amortización	1.062.963 €	1.062.963 €	1.062.963,00 €
<b>FLUJO NETO DE CAJA</b>	1.499.237 €	1.520.131 €	1.541.338,20 €
<b>FLUJO DE CAJA ACUMULADO</b>	- 6.193.372 €	- 4.673.241 €	-3.131.903,14 €

Tabla 21. Flujo neto de caja

AÑO	6	7	8
(+) Ingresos por Ventas	60.974.504,97 €	61.889.122,54 €	62.817.459,38 €
(-)Costes de explotación	59.356.096,60 €	60.246.438,05 €	61.150.134,62 €
(-)Dotación a la amortización	1.062.963,00 €	1.062.963,00 €	1.062.963,00 €
<b>Beneficios antes de impuestos</b>	<b>555.445,36 €</b>	<b>579.721,49 €</b>	<b>604.361,76 €</b>
(-) Impuestos	55.544,54 €	57.972,15 €	60.436,18 €
<b>Beneficio neto</b>	<b>499.900,83 €</b>	<b>521.749,34 €</b>	<b>543.925,58 €</b>
(+)Dotación a la amortización	1.062.963,00 €	1.062.963,00 €	1.062.963,00 €
<b>FLUJO NETO DE CAJA</b>	<b>1.562.863,83 €</b>	<b>1.584.712,34 €</b>	<b>1.606.888,58 €</b>
<b>FLUJO DE CAJA ACUMULADO</b>	<b>-1.569.039,31 €</b>	<b>15.673,03 €</b>	<b>1.622.561,61 €</b>

Tabla 22. Flujo neto de caja

AÑO	9	10	11
(+) Ingresos por Ventas	63.759.721,27 €	64.716.117,09 €	65.686.858,85 €
(-)Costes de explotación	62.067.386,64 €	62.998.397,44 €	63.943.373,40 €
(-)Dotación a la amortización	1.062.963,00 €	1.062.963,00 €	
<b>Beneficios antes de impuestos</b>	<b>629.371,63 €</b>	<b>654.756,65 €</b>	<b>1.743.485,44 €</b>
(-) Impuestos	62.937,16 €	65.475,66 €	174.348,54 €
<b>Beneficio neto</b>	<b>566.434,47 €</b>	<b>589.280,98 €</b>	<b>1.569.136,90 €</b>
(+)Dotación a la amortización	1.062.963,00 €	1.062.963,00 €	
<b>FLUJO NETO DE CAJA</b>	<b>1.629.397,47 €</b>	<b>1.652.243,98 €</b>	<b>1.569.136,90 €</b>
<b>FLUJO DE CAJA ACUMULADO</b>	<b>3.251.959,08 €</b>	<b>4.904.203,06 €</b>	<b>6.473.339,96 €</b>

Tabla 23. Flujo neto de caja

AÑO	12	13	14	15
(+) Ingresos por Ventas	66.672.161,73 €	67.672.244,16 €	68.687.327,82 €	69.717.637,74 €
(-)Costes de explotación	64.902.524,01 €	65.876.061,87 €	66.864.202,79 €	67.867.165,84 €
(-)Dotación a la amortización				
<b>Beneficios antes de impuestos</b>	<b>1.769.637,72 €</b>	<b>1.796.182,29 €</b>	<b>1.823.125,02 €</b>	<b>1.850.471,90 €</b>
(-) Impuestos	176.963,77 €	179.618,23 €	182.312,50 €	185.047,19 €
<b>Beneficio neto</b>	<b>1.592.673,95 €</b>	<b>1.616.564,06 €</b>	<b>1.640.812,52 €</b>	<b>1.665.424,71 €</b>
(+)Dotación a la amortización				
<b>FLUJO NETO DE CAJA</b>	<b>1.592.673,95 €</b>	<b>1.616.564,06 €</b>	<b>1.640.812,52 €</b>	<b>1.665.424,71 €</b>
<b>FLUJO DE CAJA ACUMULADO</b>	<b>8.066.013,91 €</b>	<b>9.682.577,97 €</b>	<b>11.323.390,50 €</b>	<b>12.988.815,21 €</b>

Como se puede observar, el tiempo de retorno o tiempo requerido una vez iniciado el proyecto para recuperar el desembolso inicial es de 7 años.

## 5.2. Valor actual neto

El valor actual neto de una inversión es el valor actualizado neto de los flujos de caja y se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{(1+r)^i} \quad [3]$$

donde

$I_0$  es la inversión inicial

$q_i$  es el flujo neto de caja en el año  $i$

$r$  es la tasa de actualización o descuento considerada, en este caso 5%

$n$  es la vida útil de la planta

Una inversión es tanto más rentable cuanto mayor sea el valor actual neto para un tipo de actualización dado. En este caso el resultado obtenido es de:

$$VAN = 5.590.008,14 \text{ €}$$

El hecho de que se cumpla que el  $VAN > 0$  significa que la inversión producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida por lo que el proyecto puede aceptarse.

## 5.3. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno es el tipo de actualización que hace nulo el valor actual neto, es decir, la tasa de descuento a la cual se recupera la inversión. Se calcula determinando el valor de  $r$  que satisfaga la siguiente ecuación:

$$0 = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{(1+r)^i} \quad [4]$$

El valor obtenido para la tasa interna de retorno es de:

$$TIR = 12\%$$

El hecho de que  $TIR > r$  indica que el proyecto da una rentabilidad por encima de la mínima por lo que el proyecto puede aceptarse.

# **DOCUMENTO V**

Estudios con entidad propia

## ÍNDICE

1. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	4
1.1. Descripción del proyecto.....	4
1.2. Análisis de alternativas viable.....	5
1.2.1. Justificación de la ubicación .....	5
1.2.2. Justificación de las soluciones tecnológicas adoptadas.....	5
1.3. Inventario ambiental e identificación de impactos.....	10
1.3.1. Aspectos físicos y biológicos .....	10
1.3.2. Molestias inducidas .....	12
1.3.3. Aspectos estético-culturales .....	12
1.3.4. Aspectos socio-económicos .....	13
1.3.5. Identificación y valoración de impactos.....	13
1.4. Medidas para reducir los impactos.....	14
1.4.1. Medidas preventivas de carácter general .....	14
1.4.2. Medidas preventivas para la minimización del impacto atmosférico .....	15
1.4.3. Medidas para la minimización de impactos sobre el suelo y el agua.....	15
1.4.4. Sustancias peligrosas.....	16
1.4.5. Medidas para minimizar el impacto por ruido .....	16
1.4.6. Medidas para evitar accidentes .....	16
1.4.7. Medidas para evitar explosiones e incendios .....	17
1.4.8. Medidas para la reducción del impacto visual .....	17
1.4.9. Medidas para la prevención del impacto social.....	17
1.4.10. Desmantelamiento de la instalación.....	17
1.4.11. Matriz causa-efecto .....	18
1.5. Programa de vigilancia ambiental.....	20
1.5.1. Descripción general.....	20
1.5.2. Ejecución y operación .....	21
1.5.3. Actividades de seguimiento .....	22
1.6. Resumen del estudio .....	24
1.7. Conclusiones .....	25
2. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	26
2.1. Antecedentes y objeto del estudio.....	26
2.2. Características de la obra .....	26
2.2.1. Reconocimiento de la zona por el Contratista.....	27
2.2.2. Organización previa de los trabajos .....	27

## Documento V. Estudios con entidad propia

2.2.3. Licencias de ocupación de calzada, permisos y otros .....	27
2.2.4. Organización de la zona de obra .....	27
2.2.5. Desarrollo de trabajos .....	28
2.2.6. Tipología y características de los materiales y elementos.....	28
2.2.7. Tráfico rodado.....	28
2.2.8. Unidades de construcción previstas en la obra.....	28
2.2.9. Oficios cuya intervención es objeto de la prevención de riesgos laborales .....	29
2.2.10. Medios auxiliares previstos para la realización de la obra .....	29
2.2.11. Maquinaria prevista para la realización de la obra.....	29
2.2.12 Superficie prevista para acopios y talleres .....	30
2.2.13. Métodos de limpieza y recogida de escombros durante la ejecución de la obra ....	30
2.2.14. Lugares de aparcamiento, reparación y mantenimiento de maquinarias y equipos móviles de trabajo .....	30
2.2.15. Almacenamiento y depósito de materiales y elementos de obra.....	31
2.2.16. Delimitación de espacios y lugares o zonas de paso y circulación de la obra.....	32
2.2.17. Mantenimiento y limpieza de los servicios durante la obra .....	32
2.3. Identificación y análisis de los riesgos en el proceso productivo.....	32
2.3.1. Riesgos detectables más comunes.....	33
2.4. Medidas de prevención .....	35
2.4.1. Equipos de protección individual (EPI's) .....	36
2.4.2. Medidas de protección colectivas .....	40
2.4.3. Medidas preventivas de la maquinaria de obra .....	47
2.5. Normas de actuación preventiva .....	51
2.5.1. Seguridad durante la construcción .....	51
2.5.2. Medicina preventiva y primeros auxilios .....	55
2.5.3. Mantenimiento preventivo .....	56
2.5.4. Plan de emergencia .....	57
2.5.4. Plan de Seguridad y Salud.....	57
2.5.5. Libro de incidencias .....	58
2.5.6. Conclusiones .....	58

# 1. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

## 1.1. Descripción del proyecto

La planta de producción de acrilonitrilo se ha diseñado para una capacidad de producción de 30000 Tm/año, operando durante 330 días al año las 24 horas del día.

El proceso de fabricación se puede dividir en varias etapas:

- **Acondicionamiento de la materia prima:** el propileno, el amoníaco y el aire constituyen las principales materias primas del proceso y se reciben cada una en unas condiciones determinadas. Las tres corrientes deben ser acondicionadas para obtener la temperatura y presión adecuadas para su entrada al reactor. Para ello se emplean intercambiadores de calor y bombas.
- **Sección de reacción:** una vez las corrientes de alimentación han sido acondicionadas, se introducen en el reactor catalítico de lecho fluidizado, donde tiene lugar la reacción para producir acrilonitrilo en presencia de un catalizador sólido. Las condiciones de operación son 480°C y 2atm de presión. Además de la reacción principal, se producirán reacciones secundarias no deseadas.
- **Eliminación del amoníaco:** la corriente de salida del reactor se introduce en un apagador o *quench* donde se produce un enfriamiento de la corriente de proceso por contacto directo con la disolución acuosa, y la eliminación del amoníaco no reaccionado mediante la adición de ácido sulfúrico para formar sulfato amónico.
- **Eliminación de gases:** en el absorbedor, la corriente con alto contenido en acrilonitrilo y otros orgánicos solubles se pone en contacto con un flujo de agua en contracorriente. La corriente libre de acrilonitrilo abandona la parte superior de la torre de absorción para ser llevada a tratamiento en antorcha antes de ser liberados a la atmósfera. Contiene principalmente N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, el propeno que no ha reaccionado y trazas de otros compuestos.
- **Sección de recuperación:** la corriente líquida extraída por colas se introduce en una columna de destilación extractiva la cual opera a la temperatura adecuada para separar por cabezas el acrilonitrilo que se destina a la zona de purificación, y por colas prácticamente todo el acetonitrilo en agua que será posteriormente separado en una columna de destilación pudiendo recircular el agua a la entrada de la torre de absorción.
- **Sección de purificación:** por último la corriente de cabezas procedente de la destilación extractiva se introduce en un tren de dos columnas de destilación para separar compuestos como el HCN, acroleína o impurezas pesadas y obtener una corriente de acrilonitrilo crudo del 98% de pureza.

Los efectos ambientales producidos por la planta de producción de acrilonitrilo pueden producirse principalmente por las siguientes causas:

- **Emisión de gases:** el principal foco de eliminación de gases se produce en el absorbedor y son enviados hacia una antorcha para ser tratados previamente a ser emitidos a la atmósfera.
- **Aguas residuales:** la principal corriente de agua residual producida en la planta se encuentra en la purga a la salida de la columna de destilación del acetonitrilo. Ésta será enviada a una planta de tratamiento de aguas residuales.
- **Residuos:** según su naturaleza se clasifican en peligrosos y no peligrosos. Los primeros provienen del proceso productivo, como es el caso del catalizador; mientras que los no peligrosos son aquellos procedentes de reformas o mejoras en la planta, como los residuos sólidos urbanos.
- **Ruidos:** la contaminación acústica proviene principalmente de los equipos mecánicos de la planta.

## 1.2. Análisis de alternativas viable

### 1.2.1. Justificación de la ubicación

Para la construcción de la planta se ha elegido el polígono de Vío de A Coruña, ya que cuenta con buenas vías de comunicación para el tránsito de mercancías, tanto por vía marítima, vía terrestre o por ferrocarril.

Además, la planta se localiza cerca de un potencial suministrador de materia prima, en este caso, la refinería Repsol de A Coruña, suministradora de propileno. Esto supone un punto estratégico que simplifica y abarata la red de transporte de suministros.

### 1.2.2. Justificación de las soluciones tecnológicas adoptadas

Para justificar el diseño de la planta según las tecnologías adoptadas se recurrirá a las Mejores Técnicas Disponibles (MTD), las cuales aparecen recogidas en el BREF (*Best Available Techniques Reference Document*) correspondiente a la planta de producción objeto de estudio en este proyecto. Las MTD se definen como “la fase más eficaz y avanzada de desarrollo de las actividades y de sus modalidades de explotación, que demuestren la capacidad práctica de determinadas técnicas para construir, en principio, la base de los valores límite de emisión destinados a evitar o, cuando no sea practicable, reducir en general las emisiones y el impacto en el conjunto del medio ambiente”.

No existe un BREF específico para la planta de producción de acrilonitrilo, por lo que se seguirán las normas establecidas en el documento de referencia de Mejores Técnicas Disponibles en la Industria Química Orgánica de gran Volumen de Producción (LVOC)

de 2008, ya que en su interior se dedica el capítulo 11 al proceso de obtención de acrilonitrilo.

El proceso MTD se basa en la amonoxidación de propileno en un reactor de lecho fluidizado, con recuperación subsiguiente de acrilonitrilo. La recuperación para la venta de los coproductos principales, cianuro de hidrógeno, acetonitrilo y sulfato amónico puede ser MTD según las circunstancias locales. El proceso MTD puede también elegir entre aire atmosférico y aire enriquecido con oxígeno, y entre propileno de calidad para reacción o para polimerización como materia prima.

### **Diseño de la planta**

La MTD para acetonitrilo es su recuperación y purificación cuando hay mercado disponible, o su combustión con recuperación de calor.

La MTD para el cianuro de hidrógeno puro recuperado es:

- Reutilizar el cianuro de hidrógeno in situ o venderlo.
- Disponer de instalaciones de antorcha y/o incineración de capacidad adecuada para destruir el cianuro de hidrógeno cuando no pueda reutilizarse.
- Minimizar la cantidad y duración del almacenaje de cianuro de hidrógeno (de forma consistente con los requisitos de cualquier proceso o transporte corriente abajo).

La MTD para el sulfato amónico derivado de la neutralización del exceso de amoníaco es su cristalización y venta a la industria de fertilizantes, o su tratamiento en una unidad específica en la que se regenera ácido sulfúrico.

La MTD para las corrientes de ventilación de la operación normal que contienen compuestos orgánicos es:

- Primero, la minimización mediante, entre otros, el equilibrio de la fase vapor durante las operaciones de transferencia y carga, sistemas de muestreo cerrados y procedimientos operativos apropiados para limpiar la unidad antes del mantenimiento.
- Y, posteriormente, la conexión a un sistema de recuperación, o a un sistema de tratamiento del gas de ventilación (ej. incinerador, oxidador térmico, antorcha o lavador). Las ventilaciones de alivio de emergencia que, debido a su elevado caudal, sobrecargarían el equipo de control de contaminación, no están restringidas por los mismos límites de emisión que las ventilaciones rutinarias.

Debido a la naturaleza peligrosa del acrilonitrilo y el cianuro de hidrógeno, se requieren las siguientes medidas MTD específicas en el diseño de instalaciones de almacenaje y carga para la producción de acrilonitrilo:

- Evitar la entrada de impurezas que puedan reaccionar peligrosamente con el acrilonitrilo.
- Evitar los riesgos de incendio en la fase gaseosa de los tanques y en el envío, teniendo en cuenta la inflamabilidad del acrilonitrilo, el cianuro de hidrógeno, el acetonitrilo y otras corriente intermedias almacenadas, en el diseño de barcasas, camiones o vagones cisternas utilizados para el transporte de tales productos (ej. capa de protección de nitrógeno).
- Minimizar la cantidad y duración del almacenaje de cianuro de hidrógeno (de forma consistente con los requisitos de cualquier proceso o transporte posterior) y monitorizar la temperatura, los inhibidores y el color de las materias almacenadas.
- Prever recintos de contención en las instalaciones de almacenaje para evitar la contaminación del suelo y del agua en caso de vertido.
- Equipar los sistemas de carga de acrilonitrilo, acetonitrilo y cianuro de hidrógeno (sólo vagones cisterna) para camiones o vagones cisterna con un sistema de retorno de vapores que minimice las ventilaciones gaseosas que requieran tratamiento ulterior en un sistema apropiado (ej. un lavador de agua).

### **Emisiones a la atmósfera**

Hay que considerar las siguientes corrientes de ventilación:

- Gas de escape del absorbedor
- Gas de combustión de los residuos del proceso
- Corrientes de ventilación diversas
- Emisiones fugitivas

La MTD para la minimización del gas de escape del absorbedor es:

1. Minimización del volumen y la carga de contaminantes del gas de escape del absorbedor:
  - La prioridad consiste en reducir la cantidad de gas de escape del absorbedor por tonelada de acrilonitrilo mediante un catalizador más eficaz y la optimización de las condiciones de reacción / operación. El uso de aire enriquecido y/o propileno de calidad para polimerización cumple este prerrequisito, pero debe decidirse tras un análisis completo de costes y beneficios (es decir, que incluya los costes y beneficios de la producción de oxígeno). Aunque el enriquecimiento con oxígeno del aire

de reacción puede reducir el volumen de gas de escape, ambos procesos, con aire normal y con aire enriquecido, son MTD.

- Los catalizadores se seleccionan para aumentar al máximo el rendimiento de producto valiosos (es decir, acrilonitrilo, cianuro de hidrógeno y acetonitrilo) y minimizar la producción de residuos. Cuando el acrilonitrilo es el único producto, la elección de un catalizador MTD puede dar un rendimiento de >75 % (acrilonitrilo).

## 2. Tratamiento del gas de escape del absorbedor:

- La MTD para el gas de escape del absorbedor restante es la destrucción de su contenido orgánico en un oxidador térmico o catalítico específico, o en un incinerador común o en una planta de calderas. En todos los casos, la MTD incluirá recuperación de calor (normalmente producción de vapor).

La MTD para las corrientes de ventilaciones diversas es su envío al sistema de tratamiento del gas de escape del absorbedor o a una antorcha para la destrucción total de los compuestos orgánicos. Otras corrientes de ventilación pueden ser tratadas por otras técnicas, como lavado, que permitan el reciclaje de los componentes recuperados.

La MTD para emisiones fugitivas es concomitante con la minimización de la exposición de los operarios al acrilonitrilo. Ésta se consigue mediante el cumplimiento de los límites umbral en el aire ambiente de menos de 2 ppm de acrilonitrilo para una exposición de 8 horas al día.

## **Emisiones al agua**

Entre las corrientes de efluentes acuosos contaminados se incluyen:

- Efluente de la sección de enfriamiento.
- Corriente de fondos de separador.
- Corrientes discontinuas (ej. agua de limpieza antes de operaciones de mantenimiento).

La MTD incluye la cristalización del sulfato amónico para venta como fertilizante, o su tratamiento en una unidad específica para regeneración de ácido sulfúrico.

La MTD para las corrientes acuosas es su tratamiento previo por destilación para reducir el contenido de hidrocarburos ligeros y concentrar o separar los hidrocarburos pesados, con objeto de reducir la carga orgánica antes del tratamiento final. La MTD para las corrientes recuperadas de hidrocarburos ligeros y pesados es su ulterior

tratamiento para recuperar los componentes útiles (ej. acetonitrilo) antes de su combustión con recuperación de energía.

La MTD consiste en transferir la corriente de efluente contaminado a una planta de tratamiento de aguas residuales central o externa con tratamiento biológico. Cuando no haya disponibles instalaciones de tratamiento biológico en un lugar, puede obtenerse efluente de calidad equivalente mediante técnicas de destilación.

### **Subproductos y residuos**

La MTD es maximizar el uso de los productos de cianuro de hidrógeno, acetonitrilo y sulfato amónico, aunque los mercados y circunstancias locales pueden impedirlo en ocasiones.

Cuando el cianuro de hidrógeno puro no pueda ser recuperado por cualquier motivo, la MTD será su destrucción en una antorcha o incinerador que tenga capacidad para toda la producción de cianuro de hidrógeno (incluso aunque exista una unidad de reutilización fiable corriente abajo).

Cuando se haya previsto en la fase de diseño, la MTD para el acetonitrilo es su recuperación de la unidad central para su purificación ulterior. De lo contrario, la MTD para el acetonitrilo es la combustión de la corriente de acetonitrilo líquido crudo (con recuperación de energía), o la mezcla del acetonitrilo con la corriente de ventilación del absorbedor para su combustión (con recuperación de energía).

La MTD para el sulfato amónico es su recuperación como cristal o, cuando la recuperación no es posible, su conversión a ácido sulfúrico.

La MTD para los finos de catalizador es su separación por sedimentación o filtración, y tratamiento por combustión o desecho en vertedero.

La MTD para residuos pesados es en primer lugar su minimización mediante:

- Reducción de la formación de finos y pérdidas de catalizador.
- Prevención de la degradación de los productos con el uso de condiciones operativas suaves y la adición de estabilizadores.
- Maximización de la recuperación de productos valiosos de las corrientes residuales.
- Selección del catalizador.

La MTD para los residuos pesados que no puedan evitarse técnicas de minimización es su recuperación de los fondos de columnas de separación y/o del sistema de enfriamiento (enfriamiento básico) junto con los finos de catalizador, seguido de incineración in situ o externa.

### 1.3. Inventario ambiental e identificación de impactos

En el presente apartado, se tratarán de identificar todos los impactos que la instalación de la planta podría tener en su entorno. Para ello se describirán todas las condiciones de la zona de estudio y se observará en cuales puede influir la implantación de la instalación.

Son muchos los factores que se deben estudiar en este apartado, agrupados en biológicos y físicos, molestias inducidas, impacto visual o los aspectos socioeconómicos.

#### 1.3.1. Aspectos físicos y biológicos

##### a) Clima

Estudiar los factores climáticos facilita la comprensión de los demás factores del medio, ya que el clima determina, por ejemplo, el tipo de suelo, la vegetación o la fauna.

Como ya se ha comentado, la planta se sitúa en A Coruña, al noroeste de España, donde predomina un clima atlántico europeo, caracterizado por inviernos de temperaturas suaves y lluviosos, y veranos frescos.

Los datos climáticos desde el año 1981 hasta el 2010, se obtienen a partir de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Datos climáticos de A Coruña

	Temperatura media (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Precipitación mensual (mm)	Humedad relativa media (%)
<b>Enero</b>	10,8	13,5	8,1	112	75
<b>Febrero</b>	11,1	14,1	8,0	88	73
<b>Marzo</b>	12,4	15,5	9,2	75	72
<b>Abril</b>	13,0	16,2	9,9	88	73
<b>Mayo</b>	15,0	18,1	12,0	74	75
<b>Junio</b>	17,4	20,6	14,3	44	76
<b>Julio</b>	19,0	22,1	15,9	34	77
<b>Agosto</b>	19,6	22,8	16,4	35	77
<b>Septiembre</b>	18,6	22,0	15,2	64	76
<b>Octubre</b>	16,1	19,1	13,0	130	77
<b>Noviembre</b>	13,3	16,0	10,5	138	77
<b>Diciembre</b>	11,5	14,1	8,9	131	75
<b>Año</b>	14,8	17,8	11,8	1014	75

De estos datos se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La precipitación anual media es de 1014 mm, siendo julio el mes más seco y noviembre el más lluvioso.
- La humedad relativa media se sitúa en el 75%
- La temperatura media registrada es de 14,8 °C, siendo agosto el mes más caluroso y enero el más frío.

Por otra parte, la ubicación de la planta se encuentra próxima a la línea de costa por lo que está sujeta a brisas marinas.

#### **b) Calidad del aire**

En relación a la mejora de la calidad del aire, se debe seguir el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero junto con la modificación del Real Decreto 678/2014, de 1 de agosto. Según el artículo 1, la finalidad es *“Definir y establecer objetivos de calidad del aire, de acuerdo con el anexo III de la Ley 34/2007, con respecto a las concentraciones de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno, monóxido de carbono, ozono, arsénico, cadmio, níquel y benzo(a)pireno en el aire ambiente”*.

Según esta normativa, se marcan unos valores límites anuales de 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para el dióxido de azufre, para los óxidos de nitrógeno de 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , para las partículas  $\text{PM}_{10}$  40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , para las partículas  $\text{PM}_{2,5}$  de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que el plomo tiene el límite anual en 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el benceno 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el monóxido de carbono 10  $\text{mg}/\text{m}^3$ , el arsénico 6  $\text{ng}/\text{m}^3$ , el cadmio 5  $\text{ng}/\text{m}^3$ , el níquel 20  $\text{ng}/\text{m}^3$ , el benzo(a)pireno 1  $\text{ng}/\text{m}^3$  y el ozono 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A la vista de los datos de la calidad del aire ofrecidos por el Ayuntamiento de A Coruña, el valor de todos los contaminantes es inferior a los valores límite indicados anteriormente, por lo que no debería existir riesgo en la calidad del aire.

Por otra parte, la planta de producción de acrilonitrilo no presenta ninguno de los compuestos anteriormente nombrados, por lo que no supondrá ningún riesgo a la atmósfera. Los gases expulsados en la incineración son principalmente dióxido de carbono, oxígeno y nitrógeno. El oxígeno y el nitrógeno no causarán ningún problema ya que son los componentes principales del aire. Por lo tanto, será el dióxido de carbono el que tendrá que ser controlado para cumplir con el Real Decreto 101/2011, de 28 de enero, por el que se establecen las normas básicas que han de regir los sistemas de acreditación y verificación de las emisiones de gases de efecto invernadero [...].

### **c) Flora y fauna**

En los paisajes oceánicos se desarrollan bosques de hoja caduca debido a las temperaturas suaves y las lluvias constantes, en estos bosques habitan mamíferos como osos, zorros o jabalíes y distinto tipo de aves. Por otra parte, cuando hay nieblas persistentes, la humedad es muy alta o los vientos son violentos, en vez de bosque crece una vegetación de matorral espinoso denominada landa, donde habitan pequeños roedores y una gran variedad de aves.

Sin embargo, la planta se ubicará en una parcela perteneciente al polígono industrial de Vío, A Coruña, lo cual implica que al estar situada en un entorno ya industrializado el impacto paisajístico no será de carácter importante.

Sin embargo, se debe tener precaución con los daños derivados del transporte de las materias primas y los productos. A la hora de trasladar estas sustancias su transporte debe ser en camiones adecuados al efecto con el fin de evitar el posible impacto sobre el suelo. Un derrame de alguna de estas sustancias sobre el suelo puede producir variaciones en el pH, erosión y contaminación del mismo.

### **d) Hidrología**

Se sitúa a unos 11 km del Puerto Exterior de A Coruña bañado por el Océano Atlántico. El polígono se encuentra lo suficientemente alejado de ríos o zonas sobre las que pueda suponer una gran repercusión.

#### **1.3.2. Molestias inducidas**

El punto principal de este apartado es la evaluación del ruido y la repercusión que puede tener en los alrededores la construcción de la planta de producción de acrilonitrilo.

El polígono industrial se encuentra próximo al centro de la ciudad, por lo que el ruido será bastante elevado durante todo el día, debido al paso de vehículos y los ruidos provocados por el resto de fábricas y empresas pertenecientes al polígono. Por lo tanto, la implantación de la planta no supondrá grandes cambios en cuanto al nivel de ruido ya que no causará variaciones en el mismo.

No obstante, la instalación se verá obligada a cumplir las leyes existentes que hacen referencia a los niveles máximos de ruido permitido y a respetar los horarios permitidos de contaminación acústica.

#### **1.3.3. Aspectos estético-culturales**

La implantación de esta planta de producción en la parcela escogida tiene bajo impacto visual puesto que se trata de un polígono industrial en el cual se encuentran otras instalaciones..

Por otra parte, en cuanto al patrimonio histórico-artístico, el emplazamiento escogido se encuentra alejado de cualquier elemento de interés cultural o yacimiento arqueológico de A Coruña.

#### **1.3.4. Aspectos socio-económicos**

El municipio de A Coruña consta de 243.870 habitantes según el Instituto Nacional de Estadística. Las actividades económicas punteras son el sector servicios y la actividad portuaria y, en menor medida, el sector industrial.

La implantación de la planta traería beneficios a la ciudad ya que conllevaría la creación de puestos de trabajo, pudiendo ser ocupados la mayor parte o su totalidad por habitantes de la propia localidad, reduciendo así la tasa de desempleo.

#### **1.3.5. Identificación y valoración de impactos**

Todos los impactos que han sido descritos en el apartado anterior, referidos a diferentes ámbitos de estudio, se pueden medir siguiendo distintos aspectos:

- Extensión: mide la influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (% de área respecto al entorno en que se manifiesta el efecto).
- Momento: considera el tiempo que transcurre entre la producción del proyecto y la manifestación del efecto del que es responsable el mismo.
- Persistencia: hace referencia al tiempo que permanecerá el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado volverá a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.
- Reversibilidad: se refiere a la posibilidad de recuperación del factor dañado por el impacto.
- Acumulación: informa sobre el incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de manera continuada.
- Periodicidad: se refiere a la regularidad de la manifestación del efecto.
- Recuperabilidad: se define como la posibilidad de volver a las condiciones pre-operacionales por medio de la intervención humana.

Como ya se dijo, en cuanto al medio físico y biológico, tanto el clima como la fauna y la flora apenas se verán influenciados por la construcción de la planta de producción de acrilonitrilo ya que su emplazamiento es en un área industrial.

Los impactos que pueden considerarse como negativos son los que hacen referencia a la calidad del aire, el suelo y la hidrología.

Durante la fase de construcción, el acondicionamiento de la tierra, la manipulación de materias primas, el tráfico y el funcionamiento de vehículos pesados, así como el funcionamiento de la maquinaria de obra civil, implicarán la emisión de contaminantes a la atmósfera, principalmente polvo y partículas, así como posibles fugas. Además, durante esta fase es habitual la producción de aguas residuales de distinta naturaleza como excavaciones, lavados, etc.

Durante la fase de explotación, la calidad del aire puede verse afectada por posibles fugas producidas en cualquier parte del proceso así como por la emisión de los gases procedentes de la antorcha. Del mismo modo, la calidad del agua también se puede ver afectada por posibles derrames de líquido. Cabe destacar, que los tanques de almacenamiento estarán provistos de cubetos de retención.

De todos los impactos comentados anteriormente, el más positivo es el socioeconómico, ya que como ya se ha dicho la construcción de la planta permite crear puestos de trabajo y mejorar la economía de la zona, tanto con la venta del producto producido como por los sueldos proporcionados a los trabajadores, que pueden ser habitantes de la zona.

#### **1.4. Medidas para reducir los impactos**

A continuación se presentan las principales medidas tanto preventivas como correctoras que se deben adoptar con el objetivo de lograr que los impactos negativos tratados en el apartado anterior se reduzcan lo máximo posible.

##### **1.4.1. Medidas preventivas de carácter general**

###### **1.4.1.1. Buenas prácticas generales de obra**

En la fase de obra se deben llevar a cabo medidas que minimicen las molestias a la población y limiten posibles daños a la calidad del aire, del suelo o del agua. Algunas medidas que se pueden llevar a cabo son: evitar la realización de las operaciones de limpieza y mantenimiento de vehículos y maquinaria en obra, evitar ruido innecesario o la reducción de las emisiones de vehículos y maquinaria pesada mediante un buen mantenimiento técnico.

###### **1.4.1.2. Selección de suministradores y contratistas**

Para el proceso de selección de suministradores y contratistas deben tener preferencia las candidaturas que ofrezcan más garantías de una correcta gestión medioambiental.

Los residuos generados se deben gestionar de acuerdo con su tipología, es decir, los residuos peligrosos, por ejemplo, se deben entregar a un gestor autorizado. Durante el tiempo que pasa desde a producción del residuo hasta su gestión, estos deben estar adecuadamente almacenados en el lugar más adecuado.

### **1.4.2. Medidas preventivas para la minimización del impacto atmosférico**

En la fase de construcción se podrán minimizar los impactos sobre el aire llevando a cabo unas buenas prácticas que permitan dicho fin.

En la fase de explotación, se deben tener en cuenta las MTD descritas en el apartado 1.2.2. en lo referente a las emisiones a la atmósfera.

### **1.4.3. Medidas para la minimización de impactos sobre el suelo y el agua**

#### **1.4.3.1 Medidas generales en obra**

El objetivo será minimizar los daños que los impactos puedan tener sobre el suelo y las aguas cercanas siguiendo las siguientes prácticas:

- Revisión periódica de la maquinaria y equipos.
- La limpieza de vehículos se deberá realizar en sitios acondicionados.
- Se debe evitar que los sólidos en suspensión se viertan al agua sin tratamiento previo
- El almacenamiento de materias primas y productos se realiza en el exterior de la nave de producción, con el fin de evitar posibles impactos que puedan causar derrames.
- Las naves deberán tener una solera de hormigón con un espesor suficiente para evitar la filtración de aguas al suelo.

#### **1.4.3.2 Prevención de fugas y derrames**

Además de las prevenciones que se han comentado anteriormente para la fase de construcción de la instalación, hay que tener en cuenta las posibles fugas o derrames que se puedan producir tanto en el interior como en el exterior de la planta.

Las pérdidas de material suelen tener un coste alto en términos de pérdidas de producto, operaciones de limpieza, saneamiento y eliminación de residuos, además del peligro para la salud y el medio ambiente.

Los vertidos de un producto químico y su limpieza originan residuos y emisiones peligrosas. Para disminuir la posibilidad de vertidos hay que cumplir una serie de medidas como, por ejemplo, almacenar los materiales peligrosos en áreas donde la probabilidad de fugas sea menor o realizar estudios de prevención de fugas durante las fases de diseño y operación.

#### **1.4.4. Sustancias peligrosas**

En lo relativo a sustancias peligrosas, es necesario cumplir con lo establecido en el Real Decreto 840/2015, de 12 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas y el cual tiene por objeto la prevención de accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, así como la limitación de sus consecuencias con la finalidad de proteger a las personas, los bienes y el medio ambiente.

#### **1.4.5. Medidas para minimizar el impacto por ruido**

El funcionamiento de la planta no debería incrementar los niveles de ruido, mientras que durante la fase de construcción si se incrementan de forma temporal, debido al movimiento de maquinaria pesada y otros elementos ruidosos como martillos o taladradoras durante un cierto período de tiempo.

Las medidas correctoras que se deben tomar para solucionar este problema se basan en mejorar la fluidez del tráfico y cumplir con las normativas vigentes en cuanto a los niveles de emisión permitidos.

#### **1.4.6. Medidas para evitar accidentes**

Con el fin de evitar cualquier accidente o incidente en la planta, se han de seguir una serie de normas:

- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el

que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

Se debe realizar un análisis de riesgos para detectar los puntos donde existe una mayor probabilidad de sufrir accidentes.

#### **1.4.7. Medidas para evitar explosiones e incendios**

La planta debe cumplir con lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). En materia de explosiones e incendios, será necesario cumplir con lo establecido en el Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. Además, las instalaciones estarán obligadas a elaborar un Plan de Emergencia Interior y estarán sujetas a inspecciones anuales del Departamento de Industria y de visitas periódicas de los Bomberos.

#### **1.4.8. Medidas para la reducción del impacto visual**

Como se ha comentado en anteriores apartados, el impacto visual no será significativo ya que la instalación se construye en un área dentro de un polígono industrial. No obstante, se tratará de minimizar el impacto visual por medio de barreras visuales entre el medio y las obras.

#### **1.4.9. Medidas para la prevención del impacto social**

Como se ha comentado en anteriores apartados, el impacto social de este proyecto se considera positivo desde el punto de vista socio-económico. A pesar de ello, será necesario mantener una buena relación con la sociedad para evitar enfrentamientos negativos.

#### **1.4.10. Desmantelamiento de la instalación**

Cuando la instalación finalice su servicio, se debe prestar atención a los residuos tóxicos o peligrosos indicando los procedimientos de retirada desde el punto de vista de la seguridad para el medio ambiente, evitando que la contaminación sea transferida de un medio a otro, y para las personas, especificando las medidas de seguridad a tener en cuenta durante los trabajos.

El procedimiento que se seguirá en el momento del desmantelamiento de la instalación se detalla a continuación:

1. Derribo mediante empuje o tracción.
2. Demolición con herramientas manuales.
3. Demolición con martillo rompedor sobre máquina.
4. Utilización de tenazas para rotura.
5. Derribo por golpeo.
6. Fracturación.
7. Demolición por corte y perforación.
8. Desmonte y desguace.

Todos los materiales y residuos restantes tras el desmantelamiento, según su procedimiento de derribo, tamaño, posibilidad de aprovechamiento o su tipología, se pueden destinar a: venta como chatarra, vertederos controlados, utilización como rellenos, reutilización o recuperación mediante fusión, o ser entregados a un gestor autorizado.

#### **1.4.11. Matriz causa-efecto**

Para observar los impactos comentados que pueden producir la instalación de la planta de producción bajo estudio en el medio ambiente de manera dinámica, se recurre habitualmente a una matriz causa-efecto.

Para su realización, se colocarán tres símbolos diferentes dependiendo de si el impacto es positivo (☺), negativo (☹) o insignificante (☺).

Documento V. Estudios con entidad propia

En primer lugar se presenta la matriz causa-efecto perteneciente a la fase de construcción de la planta:

	Acondicionamiento de la tierra	Funcionamiento de la maquinaria	Almacenamiento del material de obra	Construcción y montaje de la planta
CLIMA: Alteración del clima				
ATMÓSFERA: Alteración de la calidad del aire	☹	☹	☹	
HIDROLOGÍA: Alteración de la calidad del agua superficial	☹	☹	☹	
FLORA Y FAUNA: Alteración de la flora y la fauna	☺			☺
RUÍDOS: Molestias ocasionadas	☹	☹		☺
IMPACTO VISUAL: modificación del paisaje	☺	☺		☺
SOCIOECONOMÍA: Alteración del desarrollo socioeconómico				☺

**Figura 1.** Matriz causa-efecto de la fase de obra

A continuación, se realizará la misma matriz para la fase de explotación de la planta de producción una vez que se ha terminado la construcción y el montaje de la planta:

	Funcionamiento correcto de la planta	Funcionamiento incorrecto de la planta (fugas, derrames)
CLIMA: Alteración del clima		
ATMÓSFERA: Alteración de la calidad del aire	☹	☹
HIDROLOGÍA: Alteración de la calidad del agua superficial		☹
FLORA Y FAUNA: Alteración de la flora y la fauna		☹
RUÍDOS: Molestias ocasionadas	☺	☺
IMPACTO VISUAL: modificación del paisaje	☹	☹
SOCIOECONOMÍA: Alteración del desarrollo socioeconómico	☺	

**Figura 2.** Matriz causa-efecto de la fase de explotación

## 1.5. Programa de vigilancia ambiental

### 1.5.1. Descripción general

El Programa de Seguimiento y Vigilancia Ambiental tiene como objetivo establecer los mecanismos necesarios que permitan controlar los posibles daños medioambientales que puede producir el proyecto en el entorno.

Este programa cumple siempre los siguientes puntos:

- Seguimiento y control de las diferentes actuaciones que se llevan a cabo durante las obras de ejecución del proyecto. Este seguimiento abarca tanto el período de obras como su período de garantía.
- Seguimiento y control de las condiciones ambientales durante la fase de explotación durante un período que puede variar.

El programa de vigilancia ambiental se lleva a cabo por un entidad ajena a todas las demás implicadas en el diseño del proyecto, y debe estar ligada a la dirección de obra e integrada en la asesoría ambiental de la misma.

Este programa se puede llevar a cabo mediante dos medios:

- Medios humanos: las labores de seguimiento durante las obras serán realizadas por una persona con experiencia en el ámbito y con los conocimientos necesarios sobre el medio ambiente para poder llevarlas a cabo. Además, para interpretar los datos y solucionar los problemas que se encuentren el responsable medioambiental tiene que disponer de un equipo de consultores expertos en cada uno de los temas que puedan ser objeto de estudio.
- Medios materiales: El equipo de vigilancia que realice este estudio tiene que disponer en todo momento de los materiales que consideren necesarios, como equipo fotográfico, medidor de caudal, sonómetro, etc.

### **1.5.2. Ejecución y operación**

La realización del Programa de Vigilancia Ambiental sigue un orden concreto que hace más sencillo el trabajo de los operarios y ofrece unos mejores resultados.

En primer lugar, se tienen que especificar los medios tanto humanos como materiales que se van a utilizar y preparar todo el material que sea necesario comprobando que se encuentra en buen estado. Una vez realizado esto, se puede comenzar con la recogida de datos. Estos datos se recogen periódicamente y se almacenan y clasifican en un archivo, para la posterior interpretación de los mismos. Todo esto lleva a un conocimiento detallado de cada impacto en el medio y permite evaluar el grado de aplicación de las medidas correctoras y protectoras e identificar el origen de los fallos o errores.

En segundo lugar se realiza la retroalimentación, etapa en la que se realizan cambios y mejoras en el programa. La asesoría ambiental decidirá los cambios en el programa para obtener un mejor resultado ideando nuevas medidas correctoras.

En cada una de estas etapas será necesario elaborar una serie de documentos, que se detallan a continuación:

- Archivo de medios materiales: en él se recogerá toda la información relativa a los medios materiales utilizados en el programa. Se ha de prestar atención a las garantías, fichas técnicas y reparaciones que se realicen.
- Diario de seguimiento ambiental: en este documento se recopilará toda la información obtenida en las observaciones y acciones realizadas, como las incidencias producidas, el nivel de cumplimiento de las normas o las medidas de seguridad llevadas a cabo. Tiene que estar disponible para las autoridades ambientales siempre que lo requieran.

- Informes-resumen periódicos: estos informes recogen un resumen de las observaciones y resultados obtenidos, así como las conclusiones o recomendaciones realizadas por la asesoría ambiental durante el programa de vigilancia. Deben ser realizados mensualmente durante la fase de obras y anualmente durante la etapa de explotación, como mínimo.
- Informe anual de medidas correctoras: este informe refleja la eficacia y grado de implantación de las medidas correctoras. Las nuevas medidas se incluirán siempre que ocurran los siguientes casos:
  - a. Si se produce insuficiencia en las medidas correctoras introducidas anteriormente.
  - b. Si se producen impactos ambientales nuevos.
  - c. Si los nuevos avances tecnológicos permiten aplicar sistemas más eficaces.

### **1.5.3. Actividades de seguimiento**

En este apartado se indicarán, para cada uno de los impactos estudiados, los aspectos a controlar, su periodicidad, los medios, los objetivos, los medios de control o los límites que no se deben superar. Este análisis de seguimiento se realizará para el clima, la calidad del agua y del aire, flora y fauna, ruido e impacto visual, tanto en su fase de construcción como en la fase de funcionamiento.

#### **1.5.3.1. Clima**

- Aspectos a controlar: variables climáticas.
- Finalidad: controlar que la construcción y funcionamiento de la obra no produzca ninguna alteración en la climatología de la zona con respecto a sus valores habituales.
- Ubicación de control: los datos se recogerán de la Agencia Estatal de Meteorología de España.
- Medio de control: recopilación de los datos obtenidos.
- Duración y periodicidad: se realizará mensualmente tanto durante la etapa de construcción como durante el funcionamiento hasta su desmantelamiento.
- Parámetros de control: temperatura, precipitaciones, humedad relativa, presión atmosférica y dirección y velocidad del viento.

#### **1.5.3.2. Calidad del aire**

- Aspectos a controlar: niveles de emisión en el aire.
- Finalidad: controlar que la construcción y funcionamiento de la obra no produzca ninguna alteración en la calidad del aire y no se superen los límites de emisión establecidos; y que ello pueda suponer un inconveniente para los habitantes de la zona.

- Ubicación de control: en la propia instalación, con especial atención al movimiento de maquinaria durante la obra y en los puntos de control de emisiones durante su funcionamiento.
- Medio de control: dispositivo medidor de la concentración de los gases perjudiciales y el correcto funcionamiento de la unidad y de la maquinaria.
- Duración y periodicidad: será necesario el control continuo de este aspecto ya que es uno de los más importantes.
- Parámetros de control: concentraciones de los gases emitidos a la atmósfera y el movimiento de partículas generado durante la obra.

#### **1.5.3.3. Hidrología**

- Aspectos a controlar: calidad de las aguas superficiales y subterráneas.
- Finalidad: comprobar que la calidad del agua no se ve alterada por vertidos accidentales o fugas durante las obras o durante la fase de explotación, y tratar de reducirlos o evitarlos.
- Ubicación de control: en la propia zona de implantación, atendiendo primero a la zona de la obra y posteriormente al área de producción.
- Medio de control: controlar la correcta gestión de los residuos y vertidos y registrar las cantidades y composiciones de los vertidos generados mediante un control del agua llevado a cabo en el laboratorio.
- Duración y periodicidad: será necesario el control continuo de la calidad de las aguas, ya que en cualquier momento se puede producir un vertido no deseado.
- Parámetros de control: manipulación adecuada de los residuos, correcta identificación de los posibles vertidos producidos, orden y limpieza adecuados en la instalación y autorizaciones gestionadas profesionalmente.

#### **1.5.3.4. Flora y fauna**

- Aspectos a controlar: desaparición de especies propias del lugar tanto de fauna como de flora y posibles alteraciones que se observen.
- Finalidad: controlar que la construcción y funcionamiento de la obra no produzca ninguna alteración en la flora y la fauna que rodea la instalación. En caso de que ocurra, buscar soluciones y aplicarlas.
- Ubicación de control: en la zona alrededor de la instalación, especialmente durante la obra, ya que durante el funcionamiento solo habrá peligro en caso de vertido accidental o fuga.
- Medio de control: observación de un especialista.
- Duración y periodicidad: se realizará mensualmente durante la obra y tan solo cuando se produzca una incidencia durante el funcionamiento.
- Parámetros de control: respuesta ágil y efectiva ante la alteración de la flora o fauna en la zona.

#### **1.5.3.5. Ruido**

- Aspectos a controlar: nivel del ruido.
- Finalidad: controlar que la construcción y funcionamiento de la obra no produzca ninguna alteración o molestia sonora.
- Ubicación de control: en la propia parcela, con la utilización de sonómetros.
- Medio de control: recopilación de los datos medido con un sonómetro.
- Duración y periodicidad: semanalmente durante las obras y al inicio del funcionamiento de la planta o cuando se produzca alguna incidencia.
- Parámetros de control: conseguir que los ruidos nunca superen los límites marcados por la normativa vigente.

#### **1.5.3.6. Impacto visual**

- Aspectos a controlar: alteraciones del paisaje.
- Finalidad: controlar que la construcción y funcionamiento de la obra no produzca más perjuicio del necesario en la zona de implantación y cumplir con los objetivos generales de orden y limpieza.
- Ubicación de control: en la parcela a construir.
- Medio de control: observación visual.
- Duración y periodicidad: se realizará diariamente durante las obras.
- Parámetros de control: observar que la zona cumpla todos los requisitos de orden y limpieza durante la obra.

### **1.6. Resumen del estudio**

El Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de la planta de producción de acrilonitrilo se realiza para ofrecer una información técnica al órgano ambiental competente acerca del impacto que puede suponer la construcción y el funcionamiento de la planta en la zona elegida.

En este estudio se realiza una breve descripción del proyecto y del proceso de producción del acrilonitrilo, así como sus objetivos y las mejores técnicas disponibles para llevarlo a cabo atendiendo al documento BREF. Posteriormente, se realiza un inventario ambiental en el cual se incluyen los elementos ambientales que pueden verse afectados por la implantación de este proyecto y se detallan las condiciones normales de los mismos. A continuación se realiza un análisis pormenorizado de los impactos que se podrían producir y las medidas a tomar para prevenirlos o reducirlos en caso de que se produzcan. Por último, se realiza un Programa de Vigilancia Ambiental, para indicar los mecanismos de control de cada uno de los impactos.

## 1.7. Conclusiones

Tras la realización del presente estudio, en vista de los resultados obtenidos se puede realizar una valoración global del impacto producido concluyendo que predominan los impactos compatibles, sin obviar la existencia de impactos moderados que obligan a implantar medidas correctoras de prevención y minimización.

La construcción y funcionamiento de la planta tendrá ciertos impactos:

- Durante las obras, tanto el ruido de la maquinaria como las partículas en suspensión generadas por su movimiento, pueden afectar a la calidad de vida y al bienestar de los habitantes cercanos.
- Existe un alto riesgo de accidentes e incidentes asociados a la circulación de maquinaria pesada, o aquellos que pueden sufrir los operarios a lo largo del proceso constructivo o de reparación; los cuales hay que tratar de minimizar al máximo posible.
- Algunos de los productos del proceso son tóxicos como el catalizador o corrosivos como el ácido sulfúrico o el amoníaco.
- La calidad del aire puede verse afectada tanto en la fase de obras por la presencia de partículas en suspensión, como en la fase de operación donde entre los gases obtenidos se encuentra el dióxido de carbono.
- La calidad del agua se vería afectada en caso de fugas o derrames durante la operación.

Por otra parte, se puede concluir que la construcción de la planta supone beneficios socioeconómicos ya que se generan puestos de trabajo, con la consecuente repercusión positiva en el sector terciario.

El programa de vigilancia ambiental permitirá monitorizar la adecuada implantación de las medidas diseñadas y comprobar su eficacia.

## **2. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

En el presente apartado se hace referencia al estudio realizado sobre seguridad y salud para los productos, equipos y dispositivos involucrados en el proceso.

### **2.1. Antecedentes y objeto del estudio**

De acuerdo con el artículo 4 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud, se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un estudio de Seguridad y Salud en el trabajo en cualquier obra, pública o privada, en la que se realicen trabajos de construcción o ingeniería civil. Este Estudio servirá para dar unas directrices básicas a la empresa constructora para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales. Por lo tanto, será necesaria la realización de este documento para cumplir con la normativa vigente que indica, analiza y resuelve los problemas de seguridad y salud que pueden tener lugar durante los diferentes trabajos.

Este estudio básico de seguridad y salud servirá para dar unas directrices básicas para la elaboración por parte de la empresa constructora del Plan de Seguridad y Salud, en el que se deberán analizar, estudiar y desarrollar las previsiones con respecto al riesgo de accidentes laborales y enfermedades, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación y mantenimiento durante la construcción de la obra. Además, en él también se deberán incluir la descripción de los servicios sanitarios para tratar de cumplir con las normas de higiene y bienestar.

### **2.2. Características de la obra**

La obra se corresponde con la construcción de una planta de producción de acrilonitrilo, en el municipio de A Coruña, situado al noroeste de España. El proceso de construcción de esta planta consta de las siguientes fases:

- Reconocimiento de la zona por el Contratista, acompañado de la Propiedad, o de la Dirección Técnica de Obra.
- Organización previa de los trabajos.
- Licencias de ocupación de la calzada, permisos, etc. (en caso de que sea necesario).
- Organización de la zona de obra.
- Desarrollo de los trabajos.

A continuación se comenta brevemente la utilidad de las etapas mencionadas junto con las medidas llevadas a cabo en cada una de ellas. Además, se desarrollan otros aspectos relacionados con la obra como son los materiales, maquinaria, limpieza, almacenamiento, etc.

### **2.2.1. Reconocimiento de la zona por el Contratista**

Es fundamental que el Contratista Adjudicatario de la construcción de la planta en estudio visite la obra con personal de la Propiedad, con el objeto de comprobar si se dispone de los medios, maquinaria y personal adecuados para realizar los trabajos y además poder emitir un presupuesto lo más coherente y ajustado posible con las características de la obra.

Esta primera visita proporciona al Contratista una idea de lo que debe hacer para poder acometer los trabajos según las características del terreno, alejándose de generalidades que pueden llevar a confusión una vez iniciada la obra.

### **2.2.2. Organización previa de los trabajos**

Se trata de la organización del Contratista Adjudicatario con la Dirección Técnica y el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución, con el objeto de elaborar las directrices adecuadas a cada tipo de obra.

En esta fase, el Contratista deberá marcar una planificación de sus trabajos, la cual será incluida dentro de su Plan de Seguridad y Salud, así como evaluar los riesgos de la actividad que se va a acometer. Dicho Plan de Seguridad y Salud será aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud en fase de ejecución.

### **2.2.3. Licencias de ocupación de calzada, permisos y otros**

Se deberán conseguir todas aquellas autorizaciones o documentos legales necesarios para realizar los trabajos.

### **2.2.4. Organización de la zona de obra**

Una vez conocida la problemática de la obra, evaluados los riesgos por parte del Contratista y teniendo el procedimiento de actuación lo suficientemente claro, se procederá a organizar el lugar de la obra, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Accesos a la obra (tráfico rodado, peatones, personal, etc.).
- Interferencias con servicios afectados (agua, gas, etc.) que puedan derivarse de la ejecución de los trabajos.
- Acopios de material de construcción.
- Ubicación de la maquinaria necesaria para los trabajos de construcción.
- Extintores de incendio.
- Accesos de maquinaria pesada en el momento de meter la maquinaria en las instalaciones (posición de la grúa, tonelaje a elevar, radio de acción de la grúa, etc.).

### **2.2.5. Desarrollo de trabajos**

La realización de los trabajos incluye:

- Cimientos
- Colocación de anclajes y depósitos
- Montaje de equipos y tuberías
- Soldaduras
- Comprobación de las soldaduras por rayos X
- Colocación de válvulas, accesorios y equipos de medida y control

### **2.2.6. Tipología y características de los materiales y elementos**

Dentro de los materiales, componentes y elementos que se van a encontrar en la obra, se distinguen los siguientes:

- Vallado de las obras
- Equipos
- Válvulas y tuberías
- Maquinaria pesada
- Pequeña maquinaria, herramientas

### **2.2.7. Tráfico rodado**

En relación con el modo de efectuar las ocupaciones, como norma general, no se podrá cortar ninguna calle ni producir estrechamientos en sus calzadas superiores a 3 metros libres. No obstante, esto se puede condicionar siempre con el consentimiento del Ayuntamiento o Comunidad de vecinos correspondiente.

Asimismo, en las ocupaciones que afecten a las aceras y puntos de la calzada debidamente señalizados como pasos para peatones, deberá respetarse el paso de los mismos. Cuando a menos de un metro de distancia del paso de peatones exista una zanja o excavación, será obligatoria la instalación de barandilla de protección.

### **2.2.8. Unidades de construcción previstas en la obra**

Según el plan de ejecución de la obra, existen las siguientes actividades de obra:

- Organización del solar donde se va a ejecutar el montaje
- Recepción de maquinaria, medios auxiliares y herramientas
- Excavación de tierras y rellenos
- Colocación de depósitos
- Montaje de equipos y tuberías
- Soldaduras y comprobación de las mismas
- Colocación de válvulas, accesorios y equipos de medida y control

## Documento V. Estudios con entidad propia

- Obras complementarias y remates
- Trabajos en vías públicas de carácter ocasional

### **2.2.9. Oficios cuya intervención es objeto de la prevención de riesgos laborales**

Las actividades de obra descritas se completan con el trabajo de los siguientes oficios:

- Albañilería, pequeñas obras para el acondicionamiento del solar
- Montadores
- Maquinistas

### **2.2.10. Medios auxiliares previstos para la realización de la obra**

Del analista del proyecto, de las actividades de obra y de los oficios, se prevé la utilización de los siguientes medios auxiliares:

- Andamios
- Escaleras de mano
- Cuerdas, pequeño material auxiliar, etc.
- Cables

Todos estos materiales han de ser comprados o alquilados por el Contratista Adjudicatario o por algún subcontratista bajo su control directo y se han de mantener en buen estado técnico para evitar funcionamientos erróneos, accidentes o cualquier otro problema de seguridad.

### **2.2.11. Maquinaria prevista para la realización de la obra**

La maquinaria prevista consta principalmente de:

- Camión de transporte de materiales
- Camión grúa (carga de material de desecho)
- Grúa auto transportadora (elevación y descarga de equipos)
- Maquinaria en general (radiales, cizallas, cortadoras y similares)
- Rozadora radial eléctrica
- Compresor móvil
- Apisonadora

De igual modo que en el apartado anterior, se les supone de alquiler de larga duración, realizado por el Contratista Adjudicatario o por algún subcontratista bajo su control directo.

### **2.2.12 Superficie prevista para acopios y talleres**

En un primer momento resulta complicado delimitar las superficies destinadas para acopios y talleres dentro de la obra.

Se preverán unas áreas que, en principio, podrán ser utilizadas como acopio de material de montaje, con el objeto de entorpecer lo menos posible dentro del recinto de la obra.

En principio, no se van a establecer áreas para talleres. En caso de que, por tipología de la obra, duración, necesidades en la ejecución del montaje, etc., fuese necesaria tal instalación, se indicará el lugar idóneo para su ubicación.

### **2.2.13. Métodos de limpieza y recogida de escombros durante la ejecución de la obra**

Al final de la jornada laboral, un empleado será el encargado de recopilar los escombros y desechos que se generen en cada zona durante la ejecución de la obra. A continuación, uno o varios *dumpers* se encargarán de transportar los escombros para depositarlos junto a las casetas de obra, en lugares indicados para dicha acción.

Parte de estos escombros se podrán quemar al final de la jornada laboral, disponiendo de un recinto vallado para tal función. El resto de los escombros serán trasladados a un vertedero.

A todos los operarios durante las horas de formación en temas de seguridad se les hará mención para que los escombros que se generan se depositen en un lugar habilitado para eso.

Una vez a la semana o cuando el vigilante de seguridad lo estime oportuno comprobará que los operarios depositan los escombros en los lugares indicados.

El encargado de acopiar escombros será el responsable de que se cumpla esto donde le corresponda; el vigilante de seguridad será el responsable de que se acopien los escombros en los lugares indicados junto a las casetas.

En los planos de seguridad, se indicará el lugar habilitado para el acopio de los escombros, así como el lugar dispuesto para poder quemar algún tipo de escombros.

### **2.2.14. Lugares de aparcamiento, reparación y mantenimiento de maquinarias y equipos móviles de trabajo**

El Contratista, bajo supervisión del Coordinador en Seguridad y Salud habilitará un lugar en la obra para que se puedan estacionar, mantener, revisar y reparar en cualquier momento la maquinaria de obra y equipos auxiliares.

Si es posible, es recomendable disponer de dos lugares independientes, siendo uno de ellos para maquinaria (retroexcavadoras, retropalas, rodillos autopropulsados, camiones, etc.) y otro espacio dispuesto para los equipos y maquinaria auxiliar. Estos lugares estarán situados en un punto totalmente separado de la obra y bien comunicados para un fácil acceso a la zona de trabajo y al exterior, para que no se produzcan interferencias con la maquinaria en movimiento.

Se vallarán totalmente en su perímetro para poder independizar este recinto del exterior. Se colocarán señales indicativas para poder identificar estos recintos.

En el interior de estos recintos se habilitará una parte cubierta para poder efectuar las reparaciones de la forma más cómoda para el operario, así como evitar que se empoce en presencia de lluvia. El pavimento será de hormigón o aglomerado asfáltico. Dentro de este recinto la maquinaria se estacionará de forma agrupada en función del tipo de maquinaria o equipo auxiliar. Asimismo, se habilitará un lugar indicado para ello en el interior, dedicado a la reparación de maquinaria y/o equipos auxiliares.

Habrá un operario encargado de la vigilancia y control del acceso a dicho recinto, ayudando en las operaciones de entrada y salida de maquinaria. Esta persona será la responsable de entrada y salida de maquinaria así como de facilitar su acceso a la obra.

En los planos del Plan de Seguridad y Salud se indicará el lugar habilitado para el estacionamiento y almacenamiento de maquinaria y equipos auxiliares.

### **2.2.15. Almacenamiento y depósito de materiales y elementos de obra**

Será necesario habilitar locales o casetas de almacenamiento de materiales y elementos de obra. El lugar de su acopio estará a una distancia tal que facilite su accesibilidad en caso de necesidad.

El almacenaje se realizará a la intemperie, pero si se moja no se podrá utilizar hasta que se seque por completo. Por otro lado, las maderas y materiales para los encofrados se almacenarán en un local cerrado y protegido del exterior para impedir que se mojen, igual que los sacos de cemento y mortero prefabricado.

Las tuberías se acopiarán en función del tipo de material y en un local delimitado en todo su perímetro y a la intemperie. Se acopiarán en los paquetes que vienen de fábrica, colocados de tal manera que se impida la caída de los tubos, pudiendo provocar accidentes.

La valvulería se almacenará en un local totalmente cerrado y protegido del exterior, agrupándola según el tipo que sea. El local estará próximo a las casetas de los trabajadores para facilitar su accesibilidad.

Por último, si en la instalación se utilizan materiales tóxicos y/o inflamables para alguna actividad de la obra, se deberán guardar en una caseta independiente y de forma individual, con su debido etiquetado.

#### **2.2.16. Delimitación de espacios y lugares o zonas de paso y circulación de la obra**

Se delimitarán los espacios destinados a la circulación de la maquinaria y camiones por toda la obra en función de las diferentes actividades a ejecutar y se independizarán las zonas de circulación de vehículos y de personal de obra mediante el empleo de cintas de señalización y vallado de obra.

Cada cierta distancia, para facilitar la circulación y delimitación de las diferentes zonas, se colocarán balizamientos luminosos que sirven en tiempo de poca luz natural.

Cuando se prevea que en la circulación interna de obra así como en el acceso y salida de vehículos a la vía exterior se generen puntos conflictivos, se dispondrán señalizadores que faciliten la circulación.

Cuando se produzca una situación característica no prevista en un principio, se señalará y delimitará la zona afectada con los medios que se consideren necesarios.

#### **2.2.17. Mantenimiento y limpieza de los servicios durante la obra**

Será necesaria la elaboración y aplicación de un programa adecuado de orden y limpieza por parte del contratista mediante la contratación de un servicio ajeno dedicado a la limpieza de los comedores y de los vestuarios. Esta limpieza se llevará a cabo dos veces al día, una después de la jornada de mañana y otra tras el final de la jornada laboral.

En complemento al servicio de limpieza, se nombrará por parte del Contratista un retén de dos operarios para auxiliar el servicio de limpieza en previsión de posibles emergencias. Asimismo, se controlará el buen uso de las instalaciones así como su mantenimiento en previsión de posibles reparaciones y conservación. Este equipo de retén será el responsable de su conservación y mantenimiento para evitar el abuso en el uso de las instalaciones.

### **2.3. Identificación y análisis de los riesgos en el proceso productivo**

La identificación inicial de riesgos se realizará para las obras de construcción de la planta como consecuencia de la tecnología y la organización previstas para construir, que pueden ser variadas por el Contratista, el cual deberá reflejar las variaciones en su Plan de Seguridad y Salud, que deberá estar adaptado a las mismas.

En todo caso, los riesgos analizados se eliminan o disminuyen mediante la propuesta de soluciones constructivas, de organización, protecciones colectivas necesarias, equipos de protección individual y señalización oportunos para su neutralización o reducción a la categoría de: “riesgo trivial”, “riesgo tolerable” o “riesgo moderado”.

El éxito de estas prevenciones propuestas dependerá del nivel de seguridad que se alcance durante la ejecución de la obra. En todo caso, el Plan de Seguridad y Salud que elabore el Contratista respetará la metodología y concreción conseguidas por este Estudio de Seguridad y Salud.

### **2.3.1. Riesgos detectables más comunes**

#### **Movimiento de tierras**

Por movimiento de tierras se entiende la explanación, relleno y compactación de tierras. Los riesgos más importantes son:

- Desprendimiento de materiales (tierra, piedras, etc.)
- Caídas a distinto nivel
- Caídas al mismo nivel
- Vuelco en maniobras de carga y descarga
- Accidentes durante la circulación de vehículos
- Atropellos de peones
- Accidentes por conducción en ambientes o terrenos adversos
- Inhalación de polvo o partículas en suspensión

#### **Encofrado y estructuras**

En este apartado se incluyen los riesgos específicos referidos a las actividades posteriores de cimentación mediante encofrados y preparación de estructuras auxiliares. Los más importantes son los siguientes:

- Sobreesfuerzos
- Pisadas sobre objetos punzantes
- Caídas a distinto nivel o en altura
- Caídas al mismo nivel
- Dermatitis por contacto con el cemento
- Inhalación de polvo de cemento
- Cortes con bordes de las estructuras
- Vibraciones
- Ruido

### **Trabajos en altura**

Este apartado hace referencia a las actividades realizadas sobre andamios y escaleras. Los riesgos principales son:

- Caídas a distinto nivel o en altura
- Caídas al mismo nivel
- Deslizamientos y resbalones
- Heridas por golpes o cortes
- Trabajos en condiciones ambientales adversas
- Riesgos a terceros por caída de objetos desde altura

### **Trabajos de albañilería**

Este apartado comprende los riesgos asociados al trabajo con tuberías o válvulas:

- Caídas a distinto nivel
- Caídas al mismo nivel
- Heridas por golpes o cortes
- Sobreesfuerzos

### **Trabajos de soldadura y oxicorte**

Se incluyen los trabajos de soldadura que se llevan a cabo sobre superficies metálicas durante la construcción de la planta. Los principales riesgos asociados son:

- Daños oculares y dérmicos
- Explosiones
- Choque eléctrico
- Cortes
- Exposición a humos y gases tóxicos
- Sobreesfuerzos

### **Instalación eléctrica**

Los riesgos más importantes asociados al trabajo con electricidad son:

- Choque eléctrico
- Caídas a distinto nivel
- Caídas al mismo nivel

### **Instalaciones finales**

En este apartado se incluyen todas las actividades que pueden ser realizadas hasta la finalización del período de obra además de las ya comentadas, como la colocación de los elementos interiores, amueblado de la instalación o limpieza final. Los principales riesgos asociados son:

- Caídas al mismo o a distinto nivel
- Heridas por golpes o cortes
- Sobreesfuerzos
- Inhalación de polvo o partículas
- Caída de objetos en altura

### **2.4. Medidas de prevención**

Una vez mencionados los posibles riesgos, es necesario adoptar medidas preventivas de seguridad con el fin de evitar dichos riesgos. En el presente apartado, se desarrollan las medidas de prevención que se deben tomar, las protecciones colectivas a utilizar y los equipos previstos de protección individual.

Los accidentes laborales suponen un coste humano y económico para el accidentado, la empresa y la sociedad, por lo que es necesario dedicar una especial importancia a su prevención. Es por ello que, principalmente, será necesaria la formación previa del personal para que tenga un conocimiento de los riesgos a los que se expone y tome conciencia de su prevención.

Algunas de las principales medidas se enumeran a continuación:

- Los tableros de madera, las barras de armaduras y otros componentes se amontonarán cuidadosamente y se aplicarán dispositivos para impedir su desprendimiento.
- Se dispondrán caminos seguros para acceder a los puntos de encofrado u hormigonado y se circulará por ellos con un arnés de seguridad provisto de una anilla que permita desplazarse por un cable horizontal bien sujeto.
- Se prohibirá la realización de cualquier operación con riesgo de caída a diferente nivel sin haber situado la red de seguridad correctamente y bien sujeta.
- Se instalarán vallas de seguridad en los lugares desde los cuales se pueda caer al vacío.
- Se señalará la zona de posible caída de cargas durante su transporte vertical.
- Para izar cualquier carga se hará una correcta sujeción previa. Si se deben izar cuerpos alargados, se fijarán por dos puntos.
- Se evitará, mediante señalización o balizamiento, la presencia de personas en los lugares con riesgo de atrapamiento.

- Se inspeccionará el lugar en el que se vaya a trabajar, antes del inicio o reanudación de los trabajos.
- Vigilancia permanente de no sobrecarga de bordes de excavación.
- Vigilancia permanente de que los cierres de acceso público a la obra permanecen cerrados.
- Los vehículos subcontratados tendrán vigente la póliza de Seguros con Responsabilidad Civil ilimitada, el Carnet de Empresa y los Seguros Sociales cubiertos antes de comenzar los trabajos en la obra.
- La maquinaria y los vehículos alquilados o subcontratados serán revisados antes de comenzar a trabajar en la obra, en todos los elementos de seguridad, exigiéndose al día el libro de mantenimiento y el certificado que acredite su revisión por un taller cualificado.
- Se evitarán los atropellos de las personas por las máquinas y camiones, construyendo dos accesos a la explanación, separados entre sí: uno para la circulación de personas y otro para la de maquinaria y camiones.
- Se prohíbe la marcha hacia atrás de los camiones con la caja levantada o durante la maniobra de descenso de la caja, tras el vertido de tierras, en especial en presencia de tendidos eléctricos aéreos.
- Está previsto regar con frecuencia los tajos, caminos y cajas de los camiones para evitar polvaredas. Con esta forma de proceder se elimina el riesgo de trabajar dentro de atmósfera saturadas de polvo.
- Se señalarán los accesos y recorridos de las máquinas y vehículos. Con esta acción se controlan los riesgos de colisión y atropello.
- Entrenamiento de los operarios para efectuar trabajos con riesgo de atrapamiento, con una orden preestablecida y controlar el cumplimiento de la misma.
- Comprobar la buena calidad de los aislamientos.
- Mantener limpias e iluminadas las zonas de movimiento de personal.
- Limpieza de escombros.
- Todos los trabajos a realizar durante las operaciones de montaje se llevarán a cabo teniendo en cuenta las medidas de seguridad y cumpliendo ante todo la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Asimismo, los mencionados trabajos se realizarán siempre respetando y protegiendo el medio ambiente.
- Correcta utilización de los equipos y medios auxiliares.
- Verificación de conexiones.

#### **2.4.1. Equipos de protección individual (EPI's)**

Todos los equipos de protección individual (EPI'S) estarán regulados por el R.D. 773/1997, de 30 de mayo, sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por parte de los trabajadores de equipos de protección individual. La definición aportada por este Real Decreto es “cualquier equipo destinado a ser llevado o

sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin”.

Todos los EPI'S dispondrán del marcado “CE” y se colocará de forma visible, legible e indeleble, durante el periodo de duración previsible o de vida útil. El marcado estará compuesto de las iniciales “CE” diseñadas según la figura que se incluye en el R.D. 159/1995.

Todos los trabajos sin exclusión de especialidades o categorías, están obligados a utilizar y conservar las prendas de protección individuales que sean de aplicación al trabajo que se vaya a realizar. El adjudicatario entregará a su personal todos los medios de protección individual necesarios, reponiéndolos en caso de deterioro.

A continuación se comentan los aspectos más relevantes de cada uno de los EPI's existentes.

### **Cascos**

Los cascos serán de polietileno rígido, provistos de arnés regulable y bandas de amortiguación. Para los trabajadores con riesgo de caída de objetos sobre la cabeza será imprescindible el uso de casco. Éste puede ser con o sin barboquejo, dependiendo de si el operario deba o no agacharse. Los cascos serán homologados, debiendo cumplir las condiciones impuestas por las Normas Técnicas de Prevención del Ministerio de Trabajo MT-1.

### **Guantes de seguridad**

Los guantes estarán confeccionados en materiales naturales o sintéticos, no rígidos, impermeables y de características mecánicas adecuadas. Se deberán desechar aquellos con orificios, grietas o cualquier deformación o imperfección que merme sus propiedades. El tipo de guante de seguridad que se utilizará dependerá del tipo de trabajo que se vaya a realizar y de la clase de productos manipulados. Los guantes que se pueden emplear son:

- Guantes de neopreno: cuando se manejan hormigones, morteros, y yesos u otras sustancias tóxicas formadas por aglomerados hidráulicos.
- Guantes de cuero: para manejar los materiales que normalmente se utilizan en la obra.
- Guantes aislantes, baja tensión: se utilizarán cuando se manejen circuitos eléctricos o máquinas que estén o tengan posibilidad de estar con tensión.
- Guantes para soldador: para trabajos de soldadura.

### **Botas reforzadas de seguridad**

Pueden ser de dos tipos:

- a) Botas de seguridad reforzadas: están compuestas por la bota propiamente dicha, hecha en cuero, la puntera reforzada interiormente con plancha metálica que impida el aplastamiento de los dedos en el caso de caída de objetos pesados sobre ellas, y suela metálica que impida el paso de los elementos punzantes a su través, revestida exteriormente con el suelo antideslizante. Estarán diseñadas para ofrecer protección frente al impacto cuando se ensaya con un nivel de energía de 200J.
- b) Botas impermeables: están compuestas por material de caucho o goma en una sola pieza, revestidas en el interior por felpilla que recoja el sudor. Se utilizarán en trabajos en los que exista agua o humedad, debiendo secarse cuando varíen las condiciones de trabajo.

### **Gafas de protección**

Se usarán en los trabajos con riesgo de impacto de partículas, salpicaduras de polvo (cemento, riegos, etc.), atmósferas contaminadas, etc. Estas gafas de protección tendrán, además de unos oculares de resistencia adecuada, un diseño de montura y unos elementos adicionales, a fin de proteger el ojo en cualquier dirección, superior, temporal e inferior.

### **Pantallas de protección**

Se emplearán este tipo de pantallas en labores que consistan en soldadura. El armazón está fabricado en materiales opacos a las radiaciones. Están provistos de filtros u oculares filtrantes adecuados a la intensidad de las radiaciones existentes en el lugar de trabajo. Delante llevará sobre el filtro un cubrefiltro, cuya misión es la de preservar el primero de los posibles riesgos mecánicos y detrás del filtro un antecristal destinado a preservar el ojo del trabajador contra partículas que puedan existir en el ambiente laboral.

### **Ropa de protección**

La ropa de protección cubrirá la totalidad del cuerpo. Como norma general cumplirá los siguientes requisitos:

- Será de tejido ligero y flexible
- Permitirá una fácil limpieza y desinfección
- Se ajustará bien al cuerpo sin perjuicio de su comodidad y facilidad de movimientos

## Documento V. Estudios con entidad propia

- Se eliminará en lo posible el uso de elementos adicionales como cordones, botones, partes vueltas cara arriba, etc. con el fin de evitar enganches y la acumulación de suciedad.

Para la protección de los operarios contra el calor se emplearán trajes en cuero. Para la protección de los operarios contra el frío se emplearán prendas a base de tejidos acolchados con materiales aislantes. Se dispondrán prendas de señalización tales como cinturones, brazaletes, guantes, chalecos, etc; para ser utilizados en lugares de poca iluminación, trabajos nocturnos, donde existan riesgos de colisión, atropellos, etc.

### **Protección anticaídas**

Los equipos se clasifican en:

- Sistemas de sujeción: destinados a sujetar al trabajador mientras realiza un trabajo en altura (cinturón de sujeción). Se empleará en aquellos casos en los que el usuario no necesite desplazarse. El elemento de amarre del cinturón debe estar siempre tenso.
- Sistemas anticaídas: constan de un arnés anticaídas, un elemento de amarre y una serie de conectores (argollas, mosquetones, etc.). Este dispositivo frena y detiene la caída libre de un operario. Para disminuir la caída libre se acortará el elemento de amarre.
- Dispositivos anticaídas: constan de un arnés anticaídas y un sistema de bloqueo automático. Puede ser deslizante o retráctil.

Los cinturones empleados pueden ser de tres tipos:

- Cinturón clase A: compuesto por una faja o arnés, con elemento de amarre y mosquetón de seguridad, provisto de una o dos zonas de conexión. Debe estar homologado de acuerdo con las Normas Técnicas de Prevención del Ministerio de Trabajo MT-9.
- Cinturón clase C: compuesto por una faja, arnés torácico, elemento de amarre con mosquetón de seguridad y dispositivo anticaídas. Se emplearán en trabajos que requieran un desplazamiento del operario de manera que no pueda permanecer a distancia constante del punto de amarre o cable fijador.
- Cinturón antivibratorio: compuesto por una faja de doble lona de sarga de algodón pegada, con objetos metálicos que permitan la transpiración y refuerzos de skay en zonas vitales. Estos cinturones antivibratorios serán utilizados por conductores de maquinaria en movimiento de tierras o camiones, así como operarios que deben utilizar de manera prolongada martillos perforadores o picadores neumáticos.

### **Protecciones auditivas**

Se podrán utilizar de dos tipos diferentes:

- Protectores externos (orejeras): cubren totalmente el pabellón auditivo, constan de dos casquetes y arnés de fijación con una almohadilla absorbente y un cojín para la adaptación a la oreja.
- Protectores internos (tapones): se introducen en el canal externo del oído. Su poder de atenuación es menor que el de las orejeras. Son fáciles de transportar, confortables y facilitan el movimiento en el trabajo.

Para elegir correctamente el protector auditivo es necesario comenzar con analizar y valorar el riesgo de ruido, determinando los valores y los tiempos de exposición de los trabajadores.

### **Mascarillas autofiltrantes**

Tienen la función de proporcionar al trabajador que se encuentra en un ambiente contaminado el aire que precisa para respirar en debidas condiciones higiénicas. Se utilizan en todos los trabajos en los que se produzca polvillo que pueda afectar a las vías respiratorias, como picado con martillos neumáticos, uso de rebarbadoras, mesas de corte circular, etc.

Las mascarillas estarán compuestas por cuerpo de la mascarilla, arnés de sujeción de dos bandas ajustables y válvula de exhalación, debiendo estar homologada según las Normas Técnicas de Prevención del Ministerio de Trabajo MT-13.

#### **2.4.2. Medidas de protección colectivas**

Evitar el riesgo no se conseguirá únicamente con la adecuada planificación y ejecución de protecciones individuales. Es necesario, por tanto, adoptar medidas y elementos protectores de carácter colectivo. Estas protecciones consistirán en señalizaciones de peligro, señalizaciones de zonas inseguras, pasarelas para acceso a los tajos, andamios, zonas de paso protegidas o sistemas adecuados de iluminación.

Los elementos de protección colectiva permanecerán en todo momento instalados y en perfecto estado de mantenimiento. En caso de rotura o deterioro se deberán reponer con la mayor diligencia.

### **Movimiento de tierras**

- Correcta señalización de los diferentes riesgos.
- Prohibida la circulación de personal dentro del radio de acción de la maquinaria.

- La circulación del personal y vehículos estará restringida a rutas previamente diseñadas y señalizadas.
- Mantenimiento y cuidado de las vías de circulación.
- Todo el personal que maneje vehículos o cualquier otra maquinaria debe estar en posesión de la correspondiente Certificación de Capacitación.
- Revisión periódica de los vehículos y maquinaria.
- Prohibido el transporte de personal fuera de la cabina de conducción del vehículo.

### **Encofrados y estructuras**

- Correcta señalización de los diferentes riesgos.
- Prohibida la circulación de personal dentro del radio de acción de la maquinaria.
- El desencofrado se realizará con ayuda de uñas metálicas.
- Las barras se almacenarán ordenadamente y no interceptarán pasos.
- Las zonas de trabajos se mantendrán limpias y ordenadas.
- El camión hormigonera será calzado convenientemente durante el vertido del hormigón.
- Establecimiento de zonas de paso seguras para el personal encargado del vertido de hormigón.
- Correcto equilibrio de andamios y otras estructuras que impidan su desplome y el consiguiente accidente.
- Medidas adicionales durante el trabajo con el cemento fresco e inestable.

### **Trabajos en altura**

- Correcta señalización de los diferentes riesgos.
- Las plataformas, andamios y pasarelas que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 metros, se protegerán mediante barandillas de protección.
- Los trabajos en altura que así lo permitan se realizarán con ayuda de equipos diseñados para tal fin.
- Capacitación del personal.
- Verificación del correcto estado e instalación de los distintos medios empleados.

### **Trabajos de albañilería**

- Correcta señalización de los diferentes riesgos.
- Conocer detalladamente las estructuras de tuberías subterráneas que pudiera haber para que no se vean afectadas.
- Realizar las señalizaciones oportunas y equiparse adecuadamente para acceder a zanjas profundas.
- Colocar los tubos adecuadamente y sujetos, para evitar su desplazamiento.

- Emplear detectores de gases ante posibles fugas de tuberías subterráneas.

### **Trabajos de soldadura**

- Correcta señalización de los diferentes riesgos.
- Empleo de los sistemas de extracción local, ventilación general y protección sanitaria del personal, según sea el caso.
- Prohibido el uso de grasas en la manipulación de las botellas de oxígeno.
- Las botellas o bombonas se almacenarán en posición vertical, convenientemente separadas entre sí, y a cubierto de las inclemencias del tiempo.
- Correcta capacitación del personal.

### **Instalación eléctrica**

- La instalación eléctrica debe ajustarse al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y ser realizado por un instalador homologado.
- Las tomas de corriente estarán provistas de neutro de enclavamiento y serán blindadas.
- En los trabajos en condiciones de humedad muy elevada, es preciso el empleo de transformador portátil de seguridad de 24V o protección mediante transformador de separación de circuitos.
- Cuando existan líneas de tendido eléctrico aéreas que puedan afectar a la seguridad en la obra será necesario desviarlas fuera del recinto de la obra o dejarlas sin tensión. Si esto no fuera posible, se colocarán barreras o avisos para que los vehículos y las instalaciones se mantengan alejados de las mismas.

### **Instalaciones finales**

- Mantener las herramientas y máquinas en buen estado.
- Evitar trabajar con más peso del recomendado.

### **Trabajos con maquinaria**

- Serán siempre realizados por operarios capacitados para ello.
- Se mantendrán siempre en buen estado técnico y con una correcta limpieza.
- Se cumplirán siempre las normas del Reglamento de Seguridad en Máquinas para evitar accidentes
- Los trabajos y el movimiento de la maquinaria será realizados dentro de los límites señalizados para este fin.

## Señalización

La normativa vigente establece una serie de características sobre las dimensiones, colores, símbolos y formas de las señales que proporcionan una determinada información clara relativa a la seguridad.

Los pictogramas serán lo más sencillos posible, evitándose detalles inútiles para su comprensión. Las señales se instalarán preferentemente a una altura y en una posición apropiadas en relación al ángulo visual, teniendo en cuenta posibles obstáculos, en la proximidad inmediata del riesgo u objeto que deba señalizarse o, cuando se trate de un riesgo general, en el acceso a la zona de riesgo.

Según el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, se diferencian los siguientes tipos de señales existentes:

- a) **Señales de advertencia.** Tendrán forma triangular. Pictograma negro sobre fondo amarillo (el amarillo deberá cubrir como mínimo el 50 % de la superficie de la señal), con bordes negros. Como excepción, el fondo de la señal sobre “materias nocivas o irritantes” será de color naranja, en lugar de amarillo, para evitar confusiones con otras señales similares utilizadas para la regulación del tráfico por carretera.
- b) **Señales de prohibición.** Tendrán forma redonda. Pictograma negro sobre fondo blanco, con bordes y banda rojo.
- c) **Señales de obligación.** Tendrán forma redonda. Pictograma blanco sobre fondo azul (el azul deberá cubrir como mínimo el 50 % de la superficie de la señal).
- d) **Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios.** Tendrán forma rectangular o cuadrada. Pictograma blanco sobre fondo rojo (el rojo deberá cubrir como mínimo el 50 % de la superficie de la señal).
- e) **Señales de salvamento o socorro.** Tendrán forma rectangular o cuadrada. Pictograma blanco sobre fondo verde (el verde deberá cubrir como mínimo el 50 % de la superficie de la señal).

Para la señalización de zonas con riesgo de caídas, choques o golpes se colocará una cinta con franjas alternas amarillas y negras, con una inclinación aproximada de 45°.

## Protección contra caídas de personas y/u objetos

Para la protección de personas y objetos contra las caídas, existen determinados elementos:

- Tapas de aberturas. Son tableros que se colocan en los huecos horizontales de servicios y patinejos.
- Barandillas de protección. Se colocan en el perímetro de huecos verticales y plataformas de trabajo siempre que exista un desnivel superior a 2 metros.
- Redes de seguridad. Sus dimensiones se ajustarán al hueco a proteger y estarán fabricadas en poliamida de alta densidad.
- Escaleras portátiles. Serán preferentemente de aluminio o hierro y estarán dotadas de zapatas y reunirán las garantías necesarias de solidez, estabilidad y seguridad.

### **Andamios**

Los andamios tendrán que armarse y organizarse de manera adecuada para asegurar su estabilidad y permitir que los trabajadores puedan permanecer en ellos con las debidas condiciones de seguridad.

Antes de su primera utilización, deberán ser sometidos a la práctica de un reconocimiento y a una prueba a plena carga por una persona competente.

Son más seguros los andamios de última generación fabricados en acero galvanizado. Es más seguro acceder a las plataformas de trabajo a través de escaleras de mano montadas entre ellas según los modelos así comercializados.

El andamio se montará con todos sus componentes. Los que no existieran serán solicitados al fabricante para su instalación. Los montadores se atenderán estrictamente a las instrucciones del manual de montaje y mantenimiento dadas por el fabricante del modelo de andamios metálicos modulares a montar.

La anchura del andamio será la necesaria para permitir una buena circulación de los trabajadores y el adecuado almacenamiento de las herramientas y materiales que se necesiten.

Las plataformas de trabajo estarán cercadas con barandillas perimetrales componentes suministrados por el fabricante del andamio para tal menester, con las siguientes dimensiones generales: 100 cm de altura, conseguidos por la barra pasamanos, barra intermedia y rodapié de 15 cm, de chapa o de madera.

Los componentes del andamio estarán libres de oxidaciones graves, aquellas que realmente mermen su resistencia.

El andamio no se utilizará por los trabajadores hasta el momento en el que, comprobada su seguridad por el Encargado, éste autorice el acceso al mismo.

### **Escaleras de mano**

Los largueros serán de una sola pieza y estarán sin deformaciones o abolladuras.

Estarán pintadas con pinturas antioxidantes. No presentarán uniones soldadas y cualquier suplemento se realizará con dispositivos adecuados.

Tendrán una longitud máxima de 5 m a salvar. En su extremo inferior presentarán unas zapatas antideslizantes de seguridad y en su parte de apoyo superior estarán firmemente ancladas. Se colocarán de tal forma que su apoyo inferior diste de la proyección vertical del superior  $\frac{1}{4}$  de la longitud del larguero entre apoyos.

Cuando hay que salvar más de 3 m de altura, el ascenso y descenso se efectuará dotando al operario de cinturón de seguridad amarrado a un cable de seguridad paralelo.

Nunca se transportará un peso igual o superior a 25 kg.

No se apoyará la escalera sobre superficies inestables, como sacos, cajones, tablones, etc.

### **Puntales**

Los puntales se dispondrán sobre durmientes de madera nivelados y aplomados. Los tablones durmientes de apoyo de los puntales que deban trabajar inclinados con respecto a la vertical serán acuñados. Los puntales se clavarán al durmiente y a la solapa para conseguir una mayor estabilidad. La superficie del lugar de apoyo estará perfectamente consolidada. El reparto de la carga sobre las superficies de apuntaladas se realizará uniformemente repartido.

Estarán en perfectas condiciones de mantenimiento con ausencia de óxido, pintados con todos sus componentes. Carecerán de deformaciones en el fuste (abolladuras o torcimientos).

Los puntales se izarán o descenderán en paquetes fijados por dos extremos suspendidos por eslingas.

### **Vallas**

Los tipos de vallas a colocar serán de tres tipos: vallas de protección de peatones, valla de cerramiento de obra y valla de cabeza de vaciado. En función de la actividad a ejecutar se colocarán distintos tipos de vallas.

## Documento V. Estudios con entidad propia

El vallado de cerramiento de la obra tendrá una altura de 2,00 m y se situará como mínimo a 1,50 m de la cabeza de la excavación. Podrán permitir la visibilidad o ser ciegas.

Las vallas de protección del talud serán de las siguientes características: todas las barandillas constarán de un pasamanos colocado a 90 cm de altura, un listón intermedio a 45 cm aproximadamente y un rodapié de 15 cm.

Todos los elementos estarán en perfectas condiciones ya sean ejecutados en madera o acero.

Esta valla deberá estar suficientemente retirada del borde para que no se produzcan desprendimientos de tierras en su colocación.

### **Cadenas**

La carga máxima de trabajo de una cadena no debe exceder de 1/5 de su carga de rotura efectiva. Se desechará cualquier cadena cuyo diámetro se haya reducido en más de un 5% por efecto del desgaste o que tenga algún eslabón doblado, aplastado o estirado. No se emplearán cadenas con deformaciones, alargamientos, desgastes, eslabones rotos, etc.

Para su almacenamiento se colgaran caballetes o ganchos, para evitar la presencia de humedad y oxidación. En presencia de frío se cargará menos de lo indicado, sobre todo cuando la temperatura sea menor de 0°C.

Se lubricarán convenientemente con el tipo de grasa recomendada por el fabricante.

### **Eslingas**

Se empleará el tipo de eslinga en función del tipo de trabajo a ejecutar.

La resistencia de la eslinga varía en función del ángulo que forman los ramales entre sí. Cuanto mayor sea el ángulo, menor será la carga que pueda resistir. Como norma general no debe utilizarse un ángulo superior a 90°.

Habrá que comprobar el desgaste de las eslingas. Los nudos y las soldaduras disminuyen la resistencia de las eslingas. Se inspeccionará periódicamente y se sustituirán cuando se considere necesario.

El almacenamiento se realizará sin estar en contacto con el suelo.

### **2.4.3. Medidas preventivas de la maquinaria de obra**

Además de las medidas de carácter individual y colectivo, se deben tener en cuenta ciertas consideraciones acerca de la maquinaria empleada.

#### **Camión de transporte**

Todos los camiones estarán en perfectas condiciones de mantenimiento y conservación.

Las operaciones de carga y descarga del material se efectuarán en los lugares señalados para tal efecto. Antes de iniciar las maniobras de carga y descarga se instalará el freno de mano y los calzos de inmovilización de las ruedas. Las operaciones de aparcamiento y salida de camiones serán dirigidas por un señalista, así como las operaciones de carga y descarga.

El ascenso y descenso de las cajas de los camiones se efectuará mediante escalerillas metálicas, dotadas de ganchos de inmovilización y seguridad.

Las cargas se instalarán sobre la caja de una forma uniforme compensando pesos.

Las pistas interiores de circulación de camiones tendrán un ancho mínimo de 6m y una pendiente máxima del 12 % en tramos rectos y del 8 % en curvas. El colmo máximo permitido para materiales sueltos será con pendiente del 5 % debiendo protegerse la carga con una lona para evitar desplomes del mismo.

#### **Camión grúa**

Antes de realizar cualquier trabajo se instalarán los calzos inmovilizadores en las cuatro ruedas y los gatos estabilizadores. Las maniobras de carga y descarga serán dirigidas por un especialista en prevención de los riesgos.

Los ganchos de cuelgue estarán dotados de pestillos de seguridad. Se prohíbe sobrepasar la carga máxima fijada por el fabricante del camión, en función del brazo de grúa.

Las rampas de acceso de los camiones grúa no sobrepasarán el 20 %. Se estacionarán a una distancia superior a 2 m del borde de cualquier corte en el terreno. Se prohíbe la permanencia de personas en torno al camión grúa a distancia inferiores a 5 m.

Nunca se situará ningún operario bajo una carga suspendida.

### **Grúa autotransportada**

Queda expresamente prohibido el estacionamiento y desplazamiento de la grúa autopropulsada a una distancia inferior a los 2 m del borde de las zanjas. En caso de ser necesaria una aproximación inferior a la citada se deberá entibar la zona de la zanja afectada por el estacionamiento del camión grúa, dotándose además al lugar de un tope firme y fuerte para la rueda trasera del camión, para evitar los deslizamientos y vuelcos de la máquina.

Para evitar los riesgos catastróficos, está previsto que el Encargado controle que la puesta en estación y servicio de la grúa autopropulsada se realiza siguiendo las instrucciones dadas por su fabricante. En consecuencia, controlará el cumplimiento de las siguientes condiciones técnicas:

- No se izarán cargas sin antes haber puesto en servicio los calzos hidráulicos de apoyo de la grúa.
- El gancho simple estará dotado de pestillo de seguridad.
- El gancho doble se usará estribando a ambos ganchos.
- Se vigilarán constantemente las variaciones posibles por fallo del firme durante las operaciones de carga y transporte de cargas suspendidas.

Para evitar los riesgos catastróficos por maniobras erróneas, está previsto que las maniobras de carga, o de descarga, estarán siempre guiadas por un especialista, en previsión de los riesgos por maniobras incorrectas.

Para evitar el riesgo de caída de personas por maniobras peligrosas, se prohíbe expresamente caminar sobre el brazo telescópico de la grúa autopropulsada. Las maniobras de estacionamiento de la grúa autotransportada serán guiadas por un operario destinado a tal efecto al que se dotará de los elementos necesarios para la realización de estas labores.

La grúa estará correctamente estacionada, atendiendo de manera especial a los siguientes aspectos:

- La grúa estará perfectamente nivelada.
- Todos los gatos hidráulicos destinados a aumentar la base de apoyo de la grúa estarán desplegados en su totalidad.
- Ningún elemento de apoyo de la grúa estará cargando sobre algún elemento que presente debilidad estructural (tapas de arquetas de hormigón o fundición, zanjas recientemente abiertas o blandones del terreno) recabando de la propiedad información respecto alguna deficiencia de este estilo.

- Toda la zona de influencia de la grúa autopropulsada en sus movimientos estará libre de obstáculos. Además, ningún operario permanecerá en dicha zona, en especial en aquellas en las que el gruista no disponga de visibilidad.
- En el caso de que se invada la vía de circulación, se señalizará mediante la colocación de conos de balizamiento.

### **Compresores**

- Se ubicarán en los lugares indicados para ello en la obra.
- El movimiento del compresor por parte de los operarios se efectuará a una distancia nunca inferior a 2 m del borde de cualquier corte del terreno.
- El transporte mediante eslingas se efectuará tomándolo de 4 puntos fijos del compresor.
- El compresor quedará en estación con la lanza de arrastre en posición horizontal, con las ruedas sujetas mediante tacos antideslizantes.
- Durante su empleo las carcasas permanecerán cerradas, para evitar atrapamientos y ruidos.
- La zona dedicada en obra para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m, instalándose señales de “obligatorio el uso de protectores auditivos” para sobrepasar la distancia de 4m.
- Los compresores a utilizar si no son silenciosos, se ubicarán a una distancia mínima de la zona de trabajo no inferior a 15 m.
- Las mangueras estarán siempre en perfectas condiciones de uso, sin grietas o desgastes.
- Los mecanismos de conexión o empalme estarán unidos a las mangueras mediante racores de presión según cálculo.
- No se pasará con vehículos por encima de las mangueras, elevándolas si se considera necesario.

### **Motores eléctricos**

Estarán provistos de cubiertas permanentes u otros resguardos adecuados dispuestos de tal manera que prevengan el contacto de las personas u objetos a no ser que sean de tipo cerrado o estén instalados en altura no inferior a 3 m sobre el suelo o están en locales cerrados o exclusivos.

### **Apisonadoras**

- Antes de ponerlos en funcionamiento se revisará la colocación de todos sus elementos.
- Se evitarán los desplazamientos laterales.
- Las zonas en fase de compactación quedarán cerradas al paso mediante señalización.

- El personal que realice su manejo conocerá perfectamente su funcionamiento.

### **Hormigonera eléctrica**

Se situará en los lugares indicados para ello en la obra. Nunca se situarán distancias inferiores a 3 m del borde de la excavación. Las zonas donde se ubican quedan señalizadas mediante cinta o valla y una señal de peligro, así como un rótulo con la leyenda: “prohibido utilizar a personal no autorizado”.

Se dispondrá un camino de acceso fijo a la hormigonera para los *dumpers*, separado del camino de las carretillas manuales.

Se establecerá un entablado de un mínimo de 2 m de lado para superficie de estancia del operador de hormigoneras.

Estas hormigoneras estarán protegidas por una carcasa metálica para evitar el contacto con los operarios. Estarán dotadas de freno de basculamiento del bombo. La alimentación eléctrica se realizará de forma aérea a través del cuadro auxiliar, en combinación con la tierra y los disyuntores del cuadro general eléctrico. La botonera de mandos eléctricos será de accionamiento estanco. El cambio de ubicación de la hormigonera a gancho de grúa se efectuará mediante la utilización de un balancín que la suspenderá de cuatro puntos seguros.

El personal encargado del manejo de la hormigonera estará autorizado mediante acreditación escrita de la constructora.

### **Máquinas herramientas en general**

Se considerarán las pequeñas herramientas tales como taladros, rozadoras, cepilladora metálica, sierras, radiales, etc. Estas máquinas estarán protegidas por la carcasa y resguardos.

Las reparaciones o manipulaciones se realizarán paradas y por personal especializado. Si se encuentran averiadas se señalarán con una señal de peligro: “No conectar, equipo averiado”. Las máquinas o herramientas con capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

En ambientes húmedos, la alimentación de las máquinas no protegidas con doble aislamiento se realizará mediante conexión a transformadores de 24 V.

Se prohíbe la utilización de estas herramientas por personal no especializado y no se dejarán herramientas de corte abandonadas en el suelo.

## **Instalaciones provisionales**

Los cuadros principales y de distribución irán provistos de protección magnetotérmica y de relé diferencial con base de enchufe y clavija de conexión. Cualquier máquina conectada a un cuadro principal o auxiliar se efectuará a través de una manguera siempre con hilo de tierra incorporado.

Los cuadros eléctricos permanecerán cerrados y señalizados y sólo serán manipulados por el personal especializado. Se situarán sobre patas soportes o colgarán pendientes de tableros de madera. Las tomas de tierra se realizarán mediante picas hincadas en el terreno. Los trabajos necesarios para la instalación o reparación se realizarán dejando la línea que alimenta ese cuadro sin tensión.

El cuadro de mando irá provisto de relés magnetotérmicos para cada línea de distribución. Como cabecera de cada línea dispondrá de un interruptor diferencial y sensibilidad igual a 30 mA para alumbrado y 300 mA para fuerza.

Cada toma de corriente alimentará a un único aparato, máquina o herramienta.

Todos los conductores utilizados serán antihumedad y con aislamiento nominal de 1000 V como mínimo.

El tendido de mangueras se realizará a una altura de 2 m en lugares peatonales y de 5 m en los de vehículos. El tendido de cables para cruzar viales de obra se efectuará enterrado. Se señalará el paso mediante una cubrición permanente de tablonos. Además, el cable irá protegido en el interior de un tubo rígido.

## **2.5. Normas de actuación preventiva**

### **2.5.1. Seguridad durante la construcción**

#### **Obligaciones de las partes implicadas**

La empresa constructora estará obligada a cumplir las directrices en el Estudio de Seguridad a través de un Plan de Seguridad y Salud, coherente con los sistemas de ejecución que la misma vaya a utilizar. Además, tendrá que cumplir las estipulaciones previas del Estudio y el Plan de Seguridad y Salud, respondiendo solidariamente de los daños que se deriven de la infracción del mismo por su parte o de los posibles subcontratistas y empleados

La Dirección Facultativa considerará el Estudio de Seguridad como parte integrante de la ejecución de la obra, correspondiente a la aprobación, el control y la supervisión de la ejecución del Plan de Seguridad y Salud, autorizando previamente cualquier modificación en éste, dejando constancia escrita en el Libro de Incidencias.

Además, periódicamente se llevarán a cabo las pertinentes certificaciones del Presupuesto de Seguridad y Salud, poniendo en conocimiento de la Propiedad y de los organismos el cumplimiento por parte de la empresa constructora de las medidas de Seguridad contenidas en el Estudio de Seguridad.

### **Medidas preventivas al inicio de los trabajos**

Antes de comenzar a realizar los trabajos, el método de instalación y trabajo a seguir y los circuitos de circulación que afecten a la obra deberán estar aprobados por la Dirección Facultativa.

Será necesario realizar un estudio de acondicionamiento de las zonas de trabajo para prever la colocación de plataformas, torres de paso y formas de acceso, y poderlos emplear de forma conveniente.

El personal estará instruido sobre la utilización correcta de los equipos de protección individual para la realización de su trabajo. En los riesgos puntuales y esporádicos de caída de altura se emplearán obligatoriamente el cinturón de seguridad, ante la imposibilidad de disponer de la adecuada protección colectiva o de la insistencia de regulación con respecto a la integración de la seguridad en el proyecto de ejecución.

### **Medidas durante la realización de los trabajos**

Durante la realización del trabajo, las zonas de trabajo y circulación deberán permanecer limpias, ordenadas y bien iluminadas. Las herramientas y máquinas estarán en perfecto estado, empleándose las más adecuadas para cada uso, siendo utilizadas por personal autorizado o experto a criterio del encargado de la obra.

Los elementos de protección colectiva permanecerán en todo momento instalados y en perfecto estado de mantenimiento, siendo necesario reponerlos en caso de rotura o deterioro. Además, la señalización será revisada a diario de forma que en todo momento permanezca actualizada a las condiciones reales de trabajo.

### **Protecciones personales**

Durante la ejecución de todos aquellos trabajos que conlleven un riesgo de proyección de partículas, se establecerá la obligatoriedad de uso de gafas de seguridad. Así mismo, en aquellos trabajos que se desarrollen en entornos con niveles de ruidos superiores a los permitidos por la normativa vigente, se deberán emplear protectores auditivos homologados según Norma Técnica MT-2.

La totalidad del personal que desarrolle trabajos en el interior de la obra utilizará cascos protectores que cumplan las especificaciones indicadas en la norma Técnica MT-1 de Cascos de Seguridad.

## Documento V. Estudios con entidad propia

Durante la ejecución de todos aquellos trabajos que se desarrollen en ambientes de humos de soldadura, se facilitará a los operarios mascarillas respiratorias con filtro mecánico y de carbono activo contra humos metálicos.

Como medida preventiva frente a golpes en extremidades inferiores, se dotará al personal de botas de seguridad adecuadas. Además, todos los operarios utilizarán cinturón de seguridad dotado de arnés en aquellas operaciones en las que se realicen trabajos en altura.

### **Organización general de seguridad en obra**

- Comité de seguridad y salud: vigilante de seguridad

En las obras cuyo número de trabajadores exceda de 25 debe constituirse un Comité de Seguridad y Salud formado por un técnico cualificado en materia de seguridad y que representa a la Dirección de la Empresa, dos trabajadores pertenecientes a las categorías profesionales o de oficio que más intervengan a lo largo del desarrollo de la obra, y un Vigilante de Seguridad, elegido por sus conocimientos y competencia profesional en materia de Seguridad y Salud

Las funciones de este Comité serán las reglamentarias estipuladas en el artículo 8º de la Ordenanza General de Seguridad en el Trabajo.

Respecto al Vigilante de Seguridad establece:

- Será el miembro del Comité de Seguridad que, delegado por el mismo, vigile de forma permanente el cumplimiento de las medidas de seguridad tomadas en la obra.
- Informará al Comité de las anomalías observadas y será la persona encargada de hacer cumplir la normativa de Seguridad estipulada en la obra, siempre y cuando cuente con facultades apropiadas.
- La categoría del Vigilante, será cuando menos de oficial y tendrá dos años de antigüedad en la empresa, siendo por lo tanto trabajador fijo de plantilla.

Aparte de estas funciones específicas cumplirá todas aquellas que le son asignadas por el art. 9º de la Ordenanza General de Seguridad en el Trabajo:

#### **Obligaciones generales del vigilante de seguridad:**

- Promover el interés y cooperación de los trabajadores en materia de seguridad.
- Comunicar a la Dirección Facultativa o Jefatura de Obra las situaciones de riesgo detectadas y la prevención adecuada.
- Examinar las condiciones relativas al orden limpieza, ambiente, instalaciones y máquinas con referencia a la detección de riesgos profesionales.

- Prestar los primeros auxilios a los accidentados.
- Conocer con detalle el Plan de Seguridad y Salud de la obra.
- Colaborar en la investigación de los accidentes.

**Obligaciones específicas del vigilante de seguridad:**

- Controlar la observancia de las normas de seguridad.
- Dirigir la puesta en obra de las unidades de seguridad.
- Efectuar las mediciones de la obra ejecutada en el capítulo de seguridad.
- Dirigir las cuadrillas de seguridad.
- Redactar los partes de accidente.
- Controlar las existencias y acopios del material de seguridad.
- Revisar la obra diariamente para detectar las posibles deficiencias en materia de seguridad.
- Controlar las autorizaciones de manejo de maquinaria.

El nombramiento del Comité de Seguridad, en su caso, quedaría reflejado en un acta, debiendo entregarse copia de la misma a la Dirección Facultativa.

- Coordinador en materia de seguridad y salud:

Tanto durante la fase de redacción como en la fase de aplicación y control en obra del Estudio de Seguridad y Salud, deberá existir la figura del Coordinador en materia de Seguridad y Salud, que corresponderá al técnico competente designado por el promotor, el cual, bien durante la fase de proyecto o bien integrado en la Dirección Facultativa durante la ejecución de la obra, elabore (en el primero de los casos) y/o coordine y supervise (en el segundo caso) la correcta planificación y aplicación a los diferentes trabajos a desarrollar en la/s obra/s de los principios y tareas que se recogen y especifican en el Estudio de Seguridad y Salud elaborado a tal fin, tal como se refleja en el R.D. 1627/1997, de 24 de octubre.

- Parte de accidente y deficiencias:

Respetándose cualquier modelo normalizado que pudiera ser de uso normal en la práctica del contratista, los partes de accidente y deficiencias observadas recogerán como mínimo los datos expuestos a continuación, con una tabulación ordenada.

**Parte de accidente:**

- Identificación de la obra.
- Día, mes y año en que se ha producido el accidente.
- Hora de producción del accidente.
- Nombre del accidentado, categoría profesional. Y oficio del accidentado.
- Domicilio del accidentado.

- Lugar en el que se produjo el accidente.
- Causas del accidente.
- Importancia aparente del accidente.
- Posible especificación sobre fallos humanos.
- Lugar, persona y forma de producirse la primera cura (médico, practicante, socorrista, personal de obra).
- Lugar de traslado para hospitalización
- Testigos del accidente

**Parte de deficiencias:**

- Identificación de la obra.
- Fecha en que se ha producido la observación.
- Lugar en el que se ha hecho la observación.
- Informe sobre la deficiencia observada.
- Plan de mejora de la deficiencia en cuestión.

**2.5.2. Medicina preventiva y primeros auxilios**

• **Botiquín de primeros auxilios**

Se prevé la atención primaria a los accidentados mediante el uso de botiquines de primeros auxilios, manejados por personal competente. Contendrán el material especificado en la Ordenanza General de seguridad y Salud en el Trabajo. Serán revisados mensualmente y se repondrá de inmediato el material consumido.

• **Reconocimiento médico**

Con el fin de lograr evitar en lo posible las enfermedades profesionales en la obra, así como los accidentes derivados de los trastornos físicos, psíquicos, alcoholismo y resto de las toxicomanías peligrosas, se prevé que el Contratista y los Subcontratistas, en cumplimiento de la legislación laboral vigente, realicen los reconocimientos médicos previos a la contratación de los trabajadores de la obra y los preceptivos de ser realizados al año de su contratación, y que asimismo, exija puntualmente este cumplimiento, al resto de las empresas que sean subcontratadas por cada uno de ellos para la obra.

En los reconocimientos médicos, además de las exploraciones competencia de los facultativos, se detectará lo oportuno para garantizar que el acceso a los puestos de trabajo se realice en función de la aptitud o limitaciones físico-psíquicas de los trabajadores como consecuencia de los reconocimientos efectuados.

- **Evacuación de accidentados**

La evacuación de accidentados, que por sus lesiones lo requieran, está prevista mediante la contratación de un servicio de ambulancias, que el Contratista definirá exactamente a través de su plan de seguridad y salud.

La dirección y teléfono del Centro de Urgencias asignado estarán expuestos en un lugar visible para una rápida y efectiva asistencia a los accidentados.

### **Instalaciones de higiene y bienestar**

Considerando el número previsto de operarios, se dispondrá de vestuarios y servicios higiénicos debidamente dotados. El vestuario dispondrá de taquillas individuales, con llave y asientos.

El agua potable que se suministra a los distintos servicios será procedente de la red general de abastecimiento que exista en la zona.

Los servicios higiénicos dispondrán de un lavabo y una ducha con agua fría y caliente para cada diez trabajadores, y dos W.C. por cada veinticinco trabajadores, disponiendo de espejos y calefacción. Los lavabos se instalarán en un número suficiente, lo más cerca posible de los retretes.

La limpieza y conservación de estos locales serán efectuadas por un trabajador con la dedicación necesaria, o por un servicio de limpieza ajeno.

El número de instalaciones sanitarias y la construcción e instalación de letrinas, retretes estarán provistos de un sistema de descarga automática de agua o tratamiento químico; las tuberías y demás elementos de las instalaciones sanitarias, deberán ajustarse a las prescripciones de las autoridades competentes. Las duchas y lavabos no deben utilizarse para ningún otro fin.

### **2.5.3. Mantenimiento preventivo**

Las herramientas, máquinas y medios auxiliares deben disponer del sello de “Seguridad Comprobada (GS), certificado de AENOR u otro organismo equivalente de carácter internacional reconocido, o un certificado del fabricante, responsabilizándose de la calidad de los equipos y herramientas destinadas para su utilización en la obra.

Periódicamente se revisará la instalación eléctrica provisional de la obra corrigiendo los defectos de aislamiento y comprobándose las protecciones diferenciales y la toma de tierra.

## Documento V. Estudios con entidad propia

En las máquinas eléctricas portátiles, el usuario revisará diariamente los cables de alimentación y conexiones, así como el correcto funcionamiento de sus protecciones.

Las herramientas manuales serán revisadas diariamente, reparándose o sustituyéndose cuando su estado denote un mal funcionamiento o represente un peligro para el usuario.

Los accesos a la obra se mantendrán en buenas condiciones de visibilidad y en los casos que se considere oportuno se regarán las superficies transitadas para eliminar los ambientes polvorientos.

### **2.5.4. Plan de emergencia**

El Plan de Emergencia es un documento que establece los procedimientos de actuación en caso de accidente en la planta. En este documento se analizan los riesgos de la planta y se darán todos los procedimientos con nombramiento de las personas implicadas, además del plan de evacuación, punto de encuentro y avisos a organismos.

Esto permitirá una buena organización ante posibles situaciones de emergencia que se produzcan en la planta, además de minimizar las consecuencias.

### **2.5.4. Plan de Seguridad y Salud**

El contratista está obligado a redactar un Plan de Seguridad y Salud adaptándose a este Estudio de Seguridad y Salud. Este Plan será remitido a la Administración con un informe favorable del Coordinador en materia de Seguridad y Salud para su aprobación.

Antes de comenzar las obras, el Adjudicatario comunicará por escrito a la Dirección Facultativa el nombre del máximo responsable entre el personal que se encuentre habitualmente en obra, quien tendrá en su poder una copia del Plan de Seguridad y Salud que se elabore.

El Plan de Seguridad a presentar para su aprobación por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud debe incluir específicamente un Plan de emergencia en el que se detallen las actuaciones a desarrollar en el caso de un accidente o incendio. En concreto, se especificará como mínimo:

- Nombre, teléfono y dirección del centro donde deben acudir normalmente los accidentados.
- Teléfono de paradas de taxis próximas.
- Teléfono de Cuerpos de Bomberos próximos.
- Teléfono de ambulancias próximas.

Cuando tenga lugar algún accidente que precise asistencia facultativa, aunque sea leve y la asistencia médica se reduzca en una primera cura, se realizará una investigación del

mismo y además de los trámites oficialmente establecidos, se pasará como muy tarde dentro del día siguiente al accidente, un informe a la Dirección Facultativa de la obra en el que se especifique:

- Nombre del accidentado.
- Día, hora y lugar del accidente.
- Descripción del mismo.
- Causas del accidente.
- Medidas preventivas para evitar su repetición.
- Fechas límite para la adopción de medidas preventivas.

La Dirección Facultativa podrá aprobar este informe o exigir la adopción de medidas complementarias no indicadas en el mismo.

#### **2.5.5. Libro de incidencias**

En cada centro de trabajo existirá, con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud, un Libro de Incidencias que constará de hojas por duplicado y que será facilitado por el Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del Coordinador. Tendrán acceso al Libro, la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores, y los técnicos especializados de las Administraciones públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

#### **2.5.6. Conclusiones**

Con todo lo descrito en los documentos que integran el presente Estudio de Seguridad y Salud, quedan definidas las medidas de prevención que inicialmente se consideran necesarias para la ejecución de las distintas unidades de obra que conforman la planta.

Si se realizase alguna modificación, o se modificara algún sistema constructivo de los aquí previstos, es obligado constatar las interacciones de ambas circunstancias en las medidas de prevención contenidas en el presente Estudio de Seguridad y salud, debiéndose redactar, en su caso, las modificaciones necesarias.