

CLOROACETALDEHIDO



MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ASUNTOS SOCIALES
ESPAÑA



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

CLOROACETALDEHYDO (DISOLUCION AL 40%)

2-Chloro-1-ethanol

Monochloroacetaldehyde

C2H3ClO/CICH2CHO

Masa molecular: 78.5

Nº CAS 107-20-0

Nº RTECS AB2450000

Nº ICSC 0706

Nº NU 2232



TIPOS DE PELIGRO/EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Combustible. Desprende humos tóxicos en caso de incendio.	Evitar llama abierta. NO poner en contacto con materiales oxidantes y ácidos.	Polvos, espuma resistente al alcohol, pulverización de agua, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Por encima de 88°C: pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Por encima de 88°C: sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosiones.	En caso de incendio: mantener fría la botella por pulverización con agua.
EXPOSICION		¡HIGIENE ESTRICTA!	
• INHALACION	Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado. Respiración artificial si estuviera indicado y someter a atención médica.
• PIEL	Sensación de quemazón, quemaduras cutáneas graves.	Guantes protectores, traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón y solicitar atención médica.
• OJOS	Dolor, quemaduras profundas graves, pérdida irreversible de la visión.	Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después consultar a un médico.
• INGESTION	Sensación de quemazón, dolor abdominal.	No comer, beber ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, NO provocar el vómito y someter a atención médica.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Evacuar la zona de peligro, consultar a un experto. Ventilación. Recoger en la medida de lo posible el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos; eliminar el residuo con agua abundante. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).	Separado de alimentos y piensos; separado de oxidantes fuertes, ácidos.	Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. NO transportar con alimentos y piensos. Clasificación de Peligros NU: 6.1 Grupo de Envasado NU: II	
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 0706	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994		

5. SEGURIDAD

D A T O I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido incoloro claro, con olor acre.</p> <p>PELIGROS FISICOS El vapor es más denso que el aire.</p> <p>PELIGROS QUIMICOS Durante un calentamiento intenso se producen humos tóxicos. Reacciona con agua formando un hidrato con desprendimiento de calor; reacciona con oxidantes y ácidos originando riesgo de explosión. La sustancia puede polymerizarse con el tiempo.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV (como valor TECHO): 1 ppm; 3.2 mg/m³ (ACGIH 1990-1991).</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACION Por la evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION El vapor es corrosivo de los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La inhalación de altas concentraciones del vapor puede originar edema pulmonar (véanse Notas). Corrosiva (disolución al 40%). Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA</p>
	<p>PROPIEDADES FISICAS</p> <p>Punto de ebullición: 85-100°C Punto de fusión: 16°C Densidad relativa (agua = 1): 1.19 Solubilidad en agua: Miscible Presión de vapor, kPa a 20°C: 13.3</p>	<p>Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.7 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.22 Punto de inflamación: 88°C (c.c.)°C Temperatura de autoignición: (Véanse Notas)°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: (Véanse Notas)</p>
	DATOS AMBIENTALES	
	NOTAS	
	<p>Esta ficha hace referencia a disoluciones al 40%. La temperatura de autoignición es desconocida en la bibliografía. No aparecen en la bibliografía los límites de explosividad. El valor límite de exposición laboral aplicable no debe superarse en ningún momento durante en el trabajo. 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 spray adecuado por un médico o persona por él autorizada. Tarjeta de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-61G06b</p>	
	INFORMACION ADICIONAL	
	FISQ: 1-060 CLOROACETALDEHYDO (DISOLUCION AL 40%)	
	ICSC: 0706	CLOROACETALDEHYDO (DISOLUCION AL 40%)
	© CCE, IPCS, 1994	
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	<p>Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).</p>	

CROTONALDEHIDO

    		INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO	
<p>Propenaldehido 2-Butenal beta-Metilacroleína Crotonaldehido estabilizado <chem>C4H6O</chem> / <chem>CH3CH=CHCHO</chem> Masa molecular: 70.1</p>		 	
<p>Nº CAS 4170-30-3 Nº RTECS GP9499000 Nº ICSC 0241 Nº NU 1143 Nº CE 605-009-00-9</p>			
TIPOS DE PELIGRO/EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con oxidantes fuertes y sustancias incompatibles. (Véanse Peligros Químicos).	Polvo, espuma resistente al alcohol, agua pulverizada, dióxido de carbono.
EXPLOSION	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.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.
EXPOSICION		¡EVITAR LA FORMACION DE NIEBLA DEL PRODUCTO! ¡HIGIENE ESTRICTA!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
• INHALACION	Sensación de quemazón. Tos. Dificultad respiratoria. Jadeo. Dolor de garganta. Síntomas no inmediatos. (Véanse Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
• PIEL	Enrojecimiento. Sensación de quemazón. Dolor.	Guantes protectores. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Corrosivo. 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.
• INGESTION	Dolor abdominal. Sensación de quemazón. Diarrea. Náuseas. Vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca. Dar a beber agua abundante. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
<p>Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Eliminar toda fuente de ignición. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo al alcantarillado. NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).</p>	<p>A prueba de incendio. Separado de alimentos y piensos. Véanse Peligros Químicos. Mantener en lugar fresco. Mantener en la oscuridad. Bien cerrado. Almacenar solamente si está estabilizado.</p>	<p>Hermético. Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos. NU (transporte): Clasificación de Peligros NU: 6.1 Riesgos Subsidiarios NU: 3 Grupo de Envase NU: I Contaminante marino. CE: símbolo F símbolo T+ símbolo N R: 11-24/25-26-37/38-41-48/22-50-68 S: 1/2-26-28-38/37/39-45-61</p>

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

D	ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido incoloro, de olor acre. Vira a amarillo pálido por exposición al aire y a la luz.		VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor, a través de la piel y por ingestión.
A	PELIGROS FISICOS El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante.		RIESGO DE INHALACION Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.
T	PELIGROS QUIMICOS La sustancia probablemente pueda formar peróxidos explosivos. La sustancia puede polimerizar con peligro de incendio o explosión. La sustancia es un agente reductor fuerte y reacciona violentamente con oxidantes y con otras sustancias, originando peligro de incendio y explosión. Ataca plásticos y otras sustancias.		EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION Lacrimógeno. El vapor irrita fuertemente la piel y el tracto respiratorio y es corrosivo para los ojos. La inhalación de elevadas concentraciones puede originar edema pulmonar (véanse Notas) y la muerte. Se recomienda vigilancia médica.
O	LIMITES DE EXPOSICION TLV: C 0.3 ppm; (como STEL) A3 (piel) (ACGIH 2003). MAK: H (absorción dérmica); Cancerígeno categoría 3B (DFG 2003)		
R			
T			
A			
N			
T			
E			
S			
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 104°C Punto de fusión: (trans) -76.5; (cis) -69°C Densidad relativa (agua = 1): 0.85 Solubilidad en agua, g/100 ml: 15-18 Presión de vapor, kPa a 20°C: 4.0		Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.41 Punto de inflamación: 13°C c.a. Temperatura de autoignición: 232.2°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 2.1-15.5 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0.63
DATOS AMBIENTALES	La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos.		
NOTAS			

NOTAS

El valor límite de exposición laboral aplicable no debe superarse en ningún momento el de la exposición en el trabajo. Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (peligro de incendio). Antes de la destilación comprobar si existen peróxidos; en caso positivo eliminarlos. El crotonaldehido comercial se estabiliza con agua. Los síntomas de edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia son, por ello, imprescindibles.

Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-61G60
Código NFPA: H 3; F 3; R 2;

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
FISQ: 6-069

ICSC: 0241

CROTONALDEHIDO

© 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.

ACETALDEHIDO

					
Etanal Aldehído acético Etil aldehído <chem>C2H4O</chem> / <chem>CH3CHO</chem>	Masa molecular: 44.1				
Nº ICSC 0009 Nº CAS 75-07-0 Nº RTECS AB1925000 Nº NU 1089 Nº CE 605-003-00-6					
TIPOS DE PELIGRO/EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS		
INCENDIO	Extremadamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con superficies calientes.	Polvo, espuma resistente al alcohol, agua en grandes cantidades, dióxido de carbono.		
EXPLOSION	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. Utilízense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.		
EXPOSICION		¡EVITAR TODO CONTACTO!			
• INHALACION	Tos.	Ventilación. Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.		
• PIEL	Enrojecimiento. Dolor.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón. Proporcionar asistencia médica.		
• OJOS	Enrojecimiento. Dolor.	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.		
• INGESTION	Diarrea. Vértigo. Náuseas. Vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Dar a beber agua abundante. Proporcionar asistencia médica.		

DERRAMES Y FUGAS			ALMACENAMIENTO			ENVASADO Y ETIQUETADO		
Evacuar la zona de peligro. Eliminar toda fuente de ignición. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. Eliminar vapor con agua pulverizada. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal complementaria: Filtro respiratorio para vapores orgánicos y gases.).			A prueba de incendio. Separado de materiales incompatibles. Véanse Peligros Químicos. Enfriado. Mantener en la oscuridad. Almacenar solamente si está estabilizado.			Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. NU (transporte): Ver pictograma en cabecera. Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: I CE: símbolo F+ símbolo Xn R: 12-36/37-40 S: 2-16-33-36/37		 
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE								

D A T O S P R E T E S	ESTADO FISICO: ASPECTO: Gas o 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 en contacto con aire. La sustancia puede polimerizar bajo la influencia de ácidos y hidróxidos alcalinos y bajo la presencia de trazas metálicas (hierro), con peligro de incendio o explosión. La sustancia es un agente reductor fuerte y reacciona violentamente con oxidantes, ácidos fuertes, halógenos y aminas, originando peligro de incendio y explosión. LIMITES DE EXPOSICION: TLV: 25 ppm como STEL; (valor techo) A3 (ACGIH 2003). MAK: 50 ppm, 91 mg/m ³ , Categoría de limitación de pico: I(1); Cancerígeno clase: 3B; Clase de riesgo para el embarazo: D (DFG 2003).	VIAS DE EXPOSICION: La sustancia se puede absorber por inhalación y por ingestión. RIESGO DE INHALACION: Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire. EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION: La sustancia irrita levemente los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA: El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. La sustancia puede afectar tracto respiratorio, dando lugar a alteraciones del tejido. Esta sustancia es posiblemente carcinógena para los seres humanos.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 20.2°C Punto de fusión: -123°C Densidad relativa (agua = 1): 0.78 Solubilidad en agua: miscible Presión de vapor, kPa a 20°C: 101 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.5	Punto de inflamación: -38 °C c.c. Temperatura de autoignición: 185°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 4-60 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0.63
DATOS AMBIENTALES	La sustancia es nociva para los organismos acuáticos.	

NOTAS

Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Estabilizadores o inhibidores añadidos pueden influir sobre las propiedades toxicológicas de esta sustancia; consultar a un experto. Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (peligro de incendio).

Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1089
 Código NFPA: H 2; F 4; R 2;

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 FISQ: 3-001	
ICSC: 0009		ACETALDEHIDO
© 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.	



CLOROETANO

     MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA  INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO			
CLOROETANO Cloruro de etilo Monocloroetano $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$ Masa molecular: 64.5			
Nº CAS 75-00-3 Nº RTECS KH7525000 Nº ICSC 0132 Nº NU 1037 Nº CE 602-009-00-0			
			
TIPOS DE PELIGRO/EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable.	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, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosiones. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra) si aparece en estado líquido. Utilicense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua.
EXPOSICION		HIGIENE ESTRICTA!	
• INHALACION	Calambres abdominales, vértigo, embotamiento, dolor de cabeza.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
• PIEL	PUDE ABSORBERSE! EN CONTACTO CON LIQUIDO: CONGELACION.	Guantes aislantes del frío y traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. EN CASO DE CONGELACION: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Enrojecimiento, dolor, visión borrosa.	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) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Calambres abdominales, dolor de cabeza, dolor de garganta, (para mayor información véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, dar a beber agua abundante y proporcionar asistencia médica.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. (Protección personal adicional: equipo autónomo de respiración).	A prueba de incendio. Separado de (véanse Peligros Químicos).	Botella especial aislada. Accesos especiales. símbolo F+ símbolo Xn R: 12-40-52/53 S: (2)-9-16-33-36/37-61 Clasificación de Peligros NU: 2.1 CE:	 
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Gas licuado comprimido, incoloro, de olor característico.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.
	PELIGROS FISICOS El gas es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante.	RIESGO DE INHALACION Al producirse una pérdida de gas se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire.
	PELIGROS QUIMICOS La sustancia se descompone al calentarla intensamente o al arder, produciendo gases tóxicos de cloruro de hidrógeno y fosgeno. Reacciona violentamente con oxidantes, metales alcalinos, calcio, magnesio, aluminio en forma de polvo y cinc. Reacciona con el agua o el vapor produciendo humos tóxicos de cloruro de hidrógeno.	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La inhalación del vapor puede originar efectos narcóticos. La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso, el hígado y el riñón.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 1000 ppm; 2640 mg/m ³ (ACGIH 1993- 1994).	EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 12.5°C Punto de fusión: -142°C Densidad relativa (agua = 1): 0.918 Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 0.574 Presión de vapor, kPa a 20°C: 133.3	Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.22 Punto de inflamación: -50°C (c.c.) Temperatura de autoignición: 510°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 3.6-14.8 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 1.54
DATOS AMBIENTALES	Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial al agua y al aire.	
NOTAS		
El consumo de bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo. Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (riesgo de incendio). NO utilizar cerca de un fuego, una superficie caliente o mientras se trabaja en soldadura. Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella manteniendo arriba el punto de escape.		
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-616 Código NFPA: H 2; F 4; R 0;		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 3-062 CLOROETANO		
ICSC: 0132		CLOROETANO
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).	

■ Dicloroacetyl cloruro



Dichloroacetyl chloride
 C_2HCl_3O / $Cl_2CHCOCl$
 Molecular mass: 147.4

ICSC # 0869

CAS # 79-36-7

RTECS # [AO6650000](#)

UN # 1765

EC # 607-067-00-0

September 04, 1997 Validated



TYPES OF HAZARD/EXPOSURE	ACUTE HAZARDS/ SYMPTOMS	PREVENTION	FIRST AID/ FIRE FIGHTING
FIRE	Combustible. Gives off irritating or toxic fumes (or gases) in a fire.	NO open flames. NO contact with water.	Powder, carbon dioxide. NO water.
EXPLOSION	Above 66°C explosive vapour/air mixtures may be formed.	Above 66°C use a closed system, ventilation.	In case of fire: cool drums, etc., by spraying with water but avoid contact of the substance with water.
EXPOSURE		PREVENT GENERATION OF MISTS! AVOID ALL CONTACT!	IN ALL CASES CONSULT A DOCTOR!
•INHALATION	Sore throat. Cough. Burning sensation. Shortness of breath. Laboured breathing. Symptoms may be delayed (see Notes).	Ventilation, local exhaust, or breathing protection.	Fresh air, rest. Half-upright position. Artificial respiration if indicated. Refer for medical attention.
•SKIN	Pain. Redness. Blisters. Skin burns.	Protective gloves. Protective clothing.	First rinse with plenty of water, then remove contaminated clothes and rinse again. Refer for medical attention.
•EYES	Pain. Redness. Severe deep burns. Loss of vision.	Face shield, or eye protection in combination with breathing protection.	First rinse with plenty of water for several minutes (remove contact lenses if easily possible), then take to a doctor.

•INGESTION	Burning sensation. Abdominal cramps. Shock or collapse.	Do not eat, drink, or smoke during work.	Rinse mouth. Do NOT induce vomiting. Give nothing to drink. Refer for medical attention.
SPILLAGE DISPOSAL		STORAGE	PACKAGING & LABELLING
Evacuate danger area! Consult an expert! Collect leaking liquid in sealable containers. Absorb remaining liquid in sand or inert absorbent and remove to safe place. (Extra personal protection: complete protective clothing including self-contained breathing apparatus).		Separated from strong oxidants, strong bases, food and feedstuffs, alcohols, water. Dry. Well closed. Keep in a well-ventilated room.	Do not transport with food and feedstuffs. C symbol N symbol R: 35-50 S: 1/2-9-26-45-61 UN Hazard Class: 8 UN Packing Group: II
SEE IMPORTANT INFORMATION ON BACK			
ICSC: 0869	Prepared in the context of cooperation between the International Programme on Chemical Safety & the Commission of the European Communities (C) IPCS CEC 1994. No modifications to the International version have been made except to add the OSHA PELs, NIOSH RELs and NIOSH IDLH values.		

I	PHYSICAL STATE; APPEARANCE: COLOURLESS TO YELLOW FUMING LIQUID, WITH PUNGENT ODOUR.	ROUTES OF EXPOSURE: The substance can be absorbed into the body by inhalation, through the skin and by ingestion.
M		INHALATION RISK: No indication can be given about the rate in which a harmful concentration in the air is reached on evaporation of this substance at 20°C.
P		
O	PHYSICAL DANGERS:	
R	CHEMICAL DANGERS: The substance decomposes on heating and on contact with moisture, metal powder, producing toxic fumes of hydrogen chloride, phosgene, causing fire and explosion hazard. Reacts with strong oxidants, alcohols, water. Attacks many metals forming flammable/explosive gas (hydrogen - see ICSC 0001).	EFFECTS OF SHORT-TERM EXPOSURE: Tear drawing. The substance is corrosive to the eyes, the skin and the respiratory tract. Corrosive on ingestion. Inhalation of the substance may cause lung oedema (see Notes). Exposure may result in death.
T		
A		
N		
T		
D	OCCUPATIONAL EXPOSURE LIMITS: TLV not established. MAK not established.	EFFECTS OF LONG-TERM OR REPEATED EXPOSURE:
A		
A		
PHYSICAL PROPERTIES		Boiling point: 107-108°C Relative density (water = 1): 1.5
		Relative vapour density (air = 1): 5.1 Flash point: 66°C

	Solubility in water: decomposes Vapour pressure, kPa at 20°C: 3.1	Auto-ignition temperature: 585°C Explosive limits, vol% in air: 11.9-?
ENVIRONMENTAL DATA	This substance may be hazardous to the environment; special attention should be given to water.	

N O T E S

Reacts violently with fire extinguishing agents such as water. The symptoms of lung oedema often do not become manifest until a few hours have passed and they are aggravated by physical effort. Rest and medical observation are therefore essential. Immediate administration of an appropriate inhalation therapy by a doctor or a person authorized by him/her, should be considered.

Transport Emergency Card: TEC (R)-80G14

NFPA Code: H3; F2; R1; W

Card has been partially updated in : see EU Classification, Packaging & labelling.

ADDITIONAL INFORMATION

ICSC: 0869

2,2-DICHLOROACETYL CHLORIDE

(C) IPCS, CEC, 1994

**IMPORTANT
LEGAL
NOTICE:**

Neither NIOSH, the CEC or the IPCS nor any person acting on behalf of NIOSH, the CEC or the IPCS is responsible for the use which might be made of this information. This card contains the collective views of the IPCS Peer Review Committee and may not reflect in all cases all the detailed requirements included in national legislation on the subject. The user should verify compliance of the cards with the relevant legislation in the country of use. The only modifications made to produce the U.S. version is inclusion of the OSHA PELs, NIOSH RELs and NIOSH IDLH values.

 **Cloroacetyl cloruro**

CHLOROACETYL CHLORIDE
Chloroacetic acid chloride
Monochloroacetyl chloride
 $C_2H_2Cl_2O/ClCH_2COCl$
Molecular mass: 112.9
CAS # 79-04-9
RTECS # AO6475000
ICSC # 0845
UN # 1752
EC # 607-080-00-1



TYPES OF HAZARD/EXPOSURE	ACUTE HAZARDS/SYMPTOMS	PREVENTION	FIRST AID/FIRE FIGHTING
FIRE	Not combustible. Gives off irritating or toxic fumes (or gases) in a fire.		Powder, carbon dioxide.
EXPLOSION			
<hr/>			
EXPOSURE		AVOID ALL CONTACT!	
INHALATION	Burning sensation. Cough. Laboured breathing. Symptoms may be delayed (see Notes).	Ventilation, local exhaust, or breathing protection.	Fresh air, rest. Half-upright position. Refer for medical attention.
SKIN	Redness. Serious skin burns. Pain.	Protective clothing.	Remove contaminated clothes. Rinse skin with plenty of water or shower. Refer for medical attention.
EYES	Redness. Pain. Blurred vision. Severe deep burns.	Face shield, or eye protection in combination with breathing protection.	First rinse with plenty of water for several minutes (remove contact lenses if easily possible), then take to a doctor.
INGESTION	Abdominal pain. Burning sensation. Diarrhoea. Vomiting.	Do not eat, drink, or smoke during work.	Do NOT induce vomiting. Give nothing to drink. Refer for medical attention.

SPILLAGE DISPOSAL	STORAGE	PACKAGING & LABELLING
Collect leaking and spilled liquid in sealable containers as far as possible. Then remove to safe place. (extra personal protection: complete protective clothing including self-contained breathing apparatus).	Separated from food and feedstuffs. Cool. Keep in a well-ventilated room.	Airtight. Do not transport with food and feedstuffs. C symbol R: 34-37 S: 9-26 UN Hazard Class: 8 UN Packing Group: II
SEE IMPORTANT INFORMATION ON BACK		
ICSC: 0845	Prepared in the context of cooperation between the International Programme on Chemical Safety & the Commission of the European Communities  IPCS CEC 1993	

I M P O R T A N T D A T A	PHYSICAL STATE; APPEARANCE: COLOURLESS TO SLIGHTLY YELLOW LIQUID, WITH PUNGENT ODOUR.	ROUTES OF EXPOSURE: The substance can be absorbed into the body by inhalation of its vapour and aerosol, by ingestion.
	PHYSICAL DANGERS: CHEMICAL DANGERS: The substance decomposes on heating and on burning producing toxic and corrosive fumes including phosgene, hydrogen chloride. Reacts with water or steam to produce toxic and corrosive hydrogen chloride.	INHALATION RISK: A harmful contamination of the air can be reached very quickly on evaporation of this substance at 20°C.

PHYSICAL PROPERTIES	Boiling point: 106°C Melting point: -21.8°C Relative density (water = 1): 1.4	Vapour pressure, kPa at 20°C: 2.5 Relative vapour density (air = 1): 3.9 Relative density of the vapour/air-mixture at 20°C (air = 1): 1.07
--------------------------------	---	---

ENVIRONMENTAL DATA	NOTES
The symptoms of lung oedema often do not become manifest until a few hours have passed and they are aggravated by physical effort. Rest and medical observation is therefore essential.	

Transport Emergency Card: TEC (R)-80 G14
 NFPA Code: H3; F0; R1;

ADDITIONAL INFORMATION	
ICSC: 0845	CHLOROACETYL CHLORIDE
IMPORTANT LEGAL NOTICE:	Neither the CEC or the IPCS nor any person acting on behalf of the CEC or the IPCS is responsible for the use which might be made of this information. This card contains the collective views of the IPCS Peer Review Committee and may not reflect in all cases all the detailed requirements included in national legislation on the subject. The user should verify compliance of the cards with the relevant legislation in the country of use.

■ Cloruro de Paladio (II)



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD - MSDS

1. Identificación de la sustancia o del preparado y de la sociedad o empresa

Identificación de la sustancia o del preparado:

Referencia del producto: PA0025

Denominación del producto: Paladio(II) cloruro, aprox. 59% Pd

Uso de la sustancia o el preparado:

catalizador, síntesis de productos orgánicos, fotografía, pinturas.

Identificación de la sociedad o empresa:**Empresa:**

Scharlab, S.L.

Gato Pérez, 33. Pol. Ind. Mas d'en Cisa

08181 Santmenat (Barcelona) ESPAÑA

Tel: +34-93 715 19 39 - FAX +34-93 715 27 65

email: scharlab@scharlab.com

Internet Web Site: www.scharlab.com

Representante regional:

Scharlab, S.L.

Gato Pérez, 33. Pol. Ind. Mas d'en Cisa

08181 Santmenat (Barcelona) ESPAÑA

Tel: +34-93 715 19 39 - FAX +34-93 715 27 65

email: scharlab@scharlab.com

Internet Web Site: www.scharlab.com

Teléfono de urgencias:

Instituto Nacional de Toxicología de Madrid. Tel: +34 - 91 562 04 20

2. Composición/Información sobre los componentes

Identificación y cantidad de los componentes:

CAS: 7647-10-1

Peso molecular: 177,31

Número CE: 281-596-2

Formula: PdCl₂

3. Identificación de peligros

Peligros que presenta la sustancia según las directivas europeas:

Irrita los ojos y la piel.

4. Primeros auxilios

Tras inhalación: Tomar aire fresco.

Tras contacto con la piel: aclarar con abundante agua. Quitar la ropa contaminada.

Tras ingestión: beber abundante agua, provocar vómitos. Avisar al médico.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua, con los párpados bien abiertos. Si no desaparecen las molestias, llamar al oftalmólogo.

5. Medidas de lucha contra incendios

Medios de extinción adecuados: Adecuados a las condiciones del medio ambiente.

Riesgos especiales particulares: Incombustible. En caso de incendio es posible la formación de vapores peligrosos. En caso de incendio puede formarse: cloruro de hidrógeno.

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios: No permanecer en la zona de peligro sin ropa protectora adecuada y sin sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente.

Información adicional: Precipitar vapores emergentes con agua.

Procurar que el agua de extinción no penetre en acuíferos superficiales o subterráneos.

Referencia: PA0025
Paladio(II) cloruro, aprox. 59% Pd

Scharlau - MSDS

6. *Medidas a tomar en caso de vertido accidental*

Precauciones individuales: Procurar no entrar en contacto con la sustancia. Procurar que no se forme polvo; intentar no inhalar el polvo. Ventilar bien los lugares cerrados.

Precauciones para la protección del medio ambiente: No vertir por el sumidero.

Procedimientos de limpieza: Recoger cuidadosamente en seco, procediendo luego a su eliminación. Limpiar la zona afectada.

7. *Manipulación y almacenamiento*

Manipulación: Sin más exigencias.

Almacenamiento: Almacenar bien cerrado, seco. Temperatura de almacenamiento: sin limitaciones.

8. *Controles de exposición/protección personal*

Valores límite de la exposición: (MAK, Alemania):

Controles de la exposición:

Controles de la exposición profesional: Los equipos de protección personal deben elegirse según el puesto de trabajo, en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. El suministrador debería facilitar la estabilidad de los equipos de protección personal frente a los productos químicos.

Protección respiratoria: necesaria cuando se genera polvo.

Protección de las manos: necesaria

Protección ocular: necesaria

Protección cutánea: Aplicar protección cutánea.

Medidas de higiene particulares: Cambiar enseguida la ropa contaminada. Lavar cara y manos tras trabajar con la sustancia.

9. *Propiedades físicas y químicas*

Información general:

Aspecto: polvo

Color: pardo (oscuro)

Olor: casi inodoro

Información importante en relación con la salud, la seguridad y el medio ambiente:

Valor de pH: —

Punto/intervalo de ebullición: —

Punto de destello: —

Límites de explosión (bajo): —

Límites de explosión (alto): —

Presión de vapor: —

Densidad (20 °C): 4,0 g/cm³

Solubilidad en agua: (20 °C): insoluble

Solubilidad en:

ácido clorhídrico (20°C) soluble

Viscosidad: —

Índice de refracción: —

Punto/intervalo de fusión: 678 °C

Punto de ignición: —

10. *Stabilidad y reactividad*

Condiciones a evitar: Fuerte calentamiento (descomposición).

Materias a evitar: No disponemos de información.

Productos de descomposición peligrosos: En caso de incendio: véase capítulo 5.

Información adicional: sensible a la humedad, sublimable.

Referencia: PA0025
Paladio(II) cloruro, aprox. 59% Pd

Scharlau - MSDS

11. Información toxicológica

Toxicidad aguda:

DL₅₀ (oral, rata): 2704 mg/kg

Síntomas específicos en estudios con animales:

Ensayo de sensibilización de la piel (conejos): leves irritaciones.

Informaciones complementarias sobre toxicidad:

Tras inhalación: (partículas, polvo): Irritación de las vías respiratorias.

Tras contacto con la piel: Irritaciones

Tras contacto con los ojos: Irritaciones

Tras ingestión: Irritaciones de las mucosas en la boca, faringe, esófago y tracto gastrointestinal.

Información adicional:

No pueden descartarse propiedades peligrosas adicionales.

Este producto debe manejarse con los cuidados especiales de los productos químicos.

12. Informaciones ecológicas

Ecotoxicidad:

Desconocemos los datos cuantitativos sobre los efectos ecológicos de este producto.

Perjudicial para los organismos acuáticos. Perjudicial por desviación del pH.

Observaciones ecológicas adicionales:

¡No incorporar a suelos ni acuíferos!

13. Consideraciones relativas a la eliminación

Producto: Los criterios homogéneos para la eliminación de residuos químicos no están regulados, por ahora, en la Unión Europea. Los residuos, procedentes del uso habitual de los productos químicos, poseen, generalmente, el carácter de residuos especiales. Existen leyes y disposiciones locales que regulan la eliminación de estos residuos en los países de la UE. Para informarse sobre su caso particular, rogamos que se ponga en contacto con la Administración Pública, o bien con una Empresa autorizada para la gestión de residuos.

Envases: Se procederá según las disposiciones oficiales para eliminarlos. Los embalajes contaminados deberán ser sometidos a las mismas medidas aplicadas al producto químico contaminante. Los embalajes no contaminados serán tratados como material reciclable o como residuos domésticos.

14. Información relativa al transporte

Transporte por carretera:

Número UN: 3260

Clasificación ADR: 8 C2 III

Nombre técnico correcto: SÓLIDO INORGÁNICO CORROSIVO, ÁCIDO, N.E.P.(Paladio(II) cloruro)

Transporte por mar:

Número UN: 3260

Clasificación IMDG: 8 III

Nombre técnico correcto: SÓLIDO INORGÁNICO CORROSIVO, ÁCIDO, N.E.P.(Paladio(II) cloruro)

Transporte por aire:

Número UN: 3260

Clasificación IATA/ICAO: 8 III

Nombre técnico correcto (IATA): SÓLIDO CORROSIVO, ÁCIDO, INORGÁNICO, N.E.P.(Paladio(II) cloruro)

15. Información reglamentaria

Clasificación CE: Este producto no está incluido en el índice de sustancias peligrosas con su número de índice CE correspondiente, por lo que ha sido clasificado siguiendo el anexo VI de la directiva 2001/59/CE.

Pictograma: XI (irritante)

Frases R: 36/38 Irrita los ojos y la piel.

Frases S: 26-28, 1 En caso de contacto con los ojos, lávase inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico. En caso de contacto con la piel, lávase inmediata y abundantemente con agua.

Nº de índice CE: —

16. Otras informaciones

Motivo de la revisión: Actualización general.

Fecha: 30/01/2009

La información suministrada en esta hoja de seguridad, se basa en el estado actual de nuestros conocimientos. El propósito de esta información es únicamente describir las medidas de seguridad en el manejo del producto, y por tanto no constituye una garantía sobre las propiedades del mismo.

✚ Cloruro de cobre (II)

ACROS.COM

**ACROS
ORGANICS**

MATERIAL SAFETY DATA SHEET
Copper(II) chloride, anhydrous

Section 1 - Chemical Product and Company Identification

MSDS Name:	Copper(II) chloride, anhydrous
Catalog Numbers:	20653-0000, 20653-0010, 20653-2500
Synonyms:	Cupric chloride
Company Identification:	Acros Organics BVBA Janssen Pharmaceuticaalaan 3a 2440 Geel, Belgium
Company Identification: (USA)	Acros Organics One Reagent Lane Fair Lawn, NJ 07410
For information in the US, call:	800-ACROS-01
For information in Europe, call:	+32 14 57 52 11
Emergency Number, Europe:	+32 14 57 52 99
Emergency Number US:	201-796-7100
CHEMTREC Phone Number, US:	800-424-9300
CHEMTREC Phone Number, Europe:	703-527-3887

Section 2 - Composition/Information on Ingredients

CAS#	Chemical Name:	%	EINECS#
7447-39-4	Copper(II) chloride, anhydrous	99%	231-210-2

Hazard Symbols: T N



Risk Phrases: 25 36/37/38 50/53

Section 3 - Hazards Identification

EMERGENCY OVERVIEW

Toxic if swallowed. Irritating to eyes, respiratory system and skin. Very toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.

Potential Health Effects

Eye:	Causes eye irritation,
Skin:	Causes skin irritation. May be harmful if absorbed through the skin.
Ingestion:	May cause irritation of the digestive tract. Toxic if swallowed.
Inhalation:	Causes respiratory tract irritation. May be harmful if inhaled.
Chronic:	

Section 4 - First Aid Measures

Eyes:	Immediately flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes, occasionally lifting the upper and lower eyelids. Get medical aid immediately.
Skin:	Get medical aid immediately. Immediately flush skin with plenty of water for at least 15 minutes while removing contaminated clothing and shoes.
Ingestion:	Get medical aid immediately. Wash mouth out with water.
Inhalation:	Get medical aid immediately. Remove from exposure and move to fresh air immediately. If not breathing, give artificial respiration. If breathing is difficult, give oxygen.
Notes to Physician:	Treat symptomatically and supportively.

Section 5 - Fire Fighting Measures

General Information: As in any fire, wear a self-contained breathing apparatus in pressure-demand, MSHA/NIOSH (approved or equivalent), and full protective gear. Substance is noncombustible.

Extinguishing Media: Use extinguishing media most appropriate for the surrounding fire.

Section 6 - Accidental Release Measures

General Information: Use proper personal protective equipment as indicated in Section 8.

Spills/Leaks: Vacuum or sweep up material and place into a suitable disposal container. Wear a self contained breathing apparatus and appropriate personal protection. (See Exposure Controls, Personal Protection section). Do not let this chemical enter the environment.

Section 7 - Handling and Storage

Handling: Do not breathe dust, vapor, mist, or gas. Do not get in eyes, on skin, or on clothing. Do not ingest or inhale. Use only in a chemical fume hood.

Storage: Store in a cool, dry place. Store in a tightly closed container. Store under argon.

Section 8 - Exposure Controls, Personal Protection

Engineering Controls:

Facilities storing or utilizing this material should be equipped with an eyewash facility and a safety shower. Use adequate general or local exhaust ventilation to keep airborne concentrations below the permissible exposure limits.

Exposure Limits

CAS# 7447-39-4:

Russia: 0.5 mg/m³ TWA (aerosol, as Cu)

Personal Protective Equipment

Eyes: Wear chemical splash goggles.

Skin: Wear appropriate protective gloves to prevent skin exposure.

Clothing: Wear appropriate protective clothing to prevent skin exposure.

Respirators: Follow the OSHA respirator regulations found in 29 CFR 1910.134 or European Standard EN 149. Use a NIOSH/MSHA or European Standard EN 149 approved respirator if exposure limits are exceeded or if irritation or other symptoms are experienced.

Section 9 - Physical and Chemical Properties

Physical State: Crystalline powder

Color: brown - fine

Odor: odorless

pH: 3 (50 g/L aq.sol (20°C))

Vapor Pressure: Not available

Viscosity: Not available

Boiling Point: 993 deg C @760mmHg (1,819.40°F)

Freezing/Melting Point: 498 deg C (928.40°F)

Autoignition Temperature: Not available

Flash Point: Not available

Explosion Limits: Lower: Not available

Explosion Limits: Upper: Not available

Decomposition Temperature:

Solubility in water: 620 g/l (20°C)

Specific Gravity/Density: Not available.

Molecular Formula: Cl₂Cu

Molecular Weight: 134.45

Section 10 - Stability and Reactivity

Chemical Stability:	Hygroscopic: absorbs moisture or water from the air.
Conditions to Avoid:	Incompatible materials, exposure to moist air or water.
Incompatibilities with Other Materials	Strong oxidizing agents, alkali metals.
Hazardous Decomposition Products	Hydrogen chloride.
Hazardous Polymerization	Has not been reported.

Section 11 - Toxicological Information

RTECS#:	CAS# 7447-39-4; GL7000000
LD50/LC50:	RTECS: CAS# 7447-39-4: Oral, mouse: LD50 = 233 mg/kg; Oral, rat: LD50 = 584 mg/kg; Oral, rat: LD50 = 140 mg/kg; Other:
Carcinogenicity:	Copper(II) chloride, anhydrous - Not listed as a carcinogen by ACGIH, IARC, NTP, or CA Prop 65.
Other:	See actual entry in RTECS for complete information. The toxicological properties have not been fully investigated.

Section 12 - Ecological Information

Ecotoxicity:	Daphnia: Daphnia: EC50 = 0.04 mg/l; 48H; . Fish: Carp: LC50 = 0.120 -0.130 mg/l; 96H; . Fish: Bluegill/Sunfish: LC50 = 0.9 mg/l; 96H; . Fish: Rainbow trout: LC50 = 0.08 mg/l; 96H; . Algae: EC50 = 0.12 mg/l; 96H; . Algae: EC50 = 0.2 mg/l; 96H; .
Other:	Do not empty into drains. Not readily biodegradable.

Section 13 - Disposal Considerations

Dispose of in a manner consistent with federal, state, and local regulations.

Section 14 - Transport Information

	IATA	IMO	RID/ADR
Shipping Name:	COPPER CHLORIDE	COPPER CHLORIDE	COPPER CHLORIDE
Hazard Class:	8	8	8
UN Number:	2802	2802	2802
Packing Group:	III	III	III

USA RQ: CAS# 7447-39-4; 10 lb final RQ; 4.54 kg final RQ

Severe Marine Pollutant

Section 15 - Regulatory Information

European/International Regulations

European Labeling in Accordance with EC Directives

Hazard Symbols: T N

Risk Phrases:

R 25 Toxic if swallowed.

R 36/37/38 Irritating to eyes; respiratory system and skin.

R 50/53 Very toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.

Safety Phrases:

S 26 In case of contact with eyes, rinse immediately with plenty of water and seek medical advice.

S 29 Do not empty into drains.

S 37/39 Wear suitable gloves and eye/face protection.

S 45 In case of accident or if you feel unwell, seek medical advice immediately (show the label where possible).

S 57 Use appropriate containment to avoid environmental contamination.

WGK (Water Danger/Protection)

CAS#: 7447-39-4; 2

Canada

CAS# 7447-39-4 is listed on Canada's DSL List

US Federal

TSCA

CAS# 7447-39-4 is listed on the TSCA Inventory.

Section 16 - Other Information

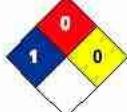
MSDS Creation Date: 7/16/1996

Revision #2 Date 8/23/2007

Revisions were made in Sections: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10,

The information above is believed to be accurate and represents the best information currently available to us. However, we make no warranty of merchantability or any other warranty, express or implied, with respect to such information, and we assume no liability resulting from its use. Users should make their own investigations to determine the suitability of the information for their particular purposes. In no event shall the company be liable for any claims, losses, or damages of any third party or for lost profits or any special, indirect, incidental, consequential, or exemplary damages howsoever arising, even if the company has been advised of the possibility of such damages.

■ Sulfato ferroso

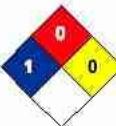
 <p>Industrias Emu S.A. Soluciones Agro-Industriales</p>		<p>Sulfato Ferroso Heptahidratado</p> <p>Utilización de la sustancia / preparación Agroindustria Otros usos industriales</p> <p>Denominación de la empresa Empresa: Industrias Emu S.A. Teléfono (4)3731112</p>									
											
1	Identificación del producto	<p>Sinónimos: Sulfato ferroso, sulfato de hierro, sulfato ácido de hierro (2+) sal (1:1), heptahidratado Nº CAS: 7782-63-0 Peso molecular: 278 Fórmula química: $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$</p>									
2	Composición Información sobre los ingredientes	<p>Ingrediente: Sulfato Ferroso CAS No: 7782-63-0 Porcentaje: 99% - 100% Peligroso: Sí</p>									
3	Identificación de Riesgos	<p>Descripción general de emergencia ¡ADVERTENCIA! NOCIVO SI ES INGERIDO O INHALADO. CAUSA IRRITACIÓN A LA PIEL, OJOS Y TRACTO RESPIRATORIO. AFECTA EL HÍGADO.</p> <p>SAF-T-DATA_(TM) (Proporcionado aquí para su conveniencia)</p> <table> <tr> <td>Salud:</td> <td>3 - Severo (Vida)</td> </tr> <tr> <td>Inflamabilidad:</td> <td>0 - Ninguna</td> </tr> <tr> <td>Reactividad:</td> <td>1 - Leve</td> </tr> <tr> <td>Contacto:</td> <td>2 - Moderado</td> </tr> </table> <p>Equipo de Laboratorio: Gafas protectores, bata de laboratorio; campana de extracción; guantes adecuados. Código de Color Almacenamiento: Verde (Almacenamiento general)</p> <p>Efectos Potenciales de Salud</p> <p>Inhalación: Causa irritación al tracto respiratorio. Los síntomas pueden incluir tos, dificultad para respirar.</p> <p>Ingestión: Baja toxicidad en pequeñas cantidades, pero grandes dosis pueden causar náuseas, vómitos, diarrea y heces negras. Una coloración rosada en la orina es un fuerte indicador de intoxicación por hierro. Daño al hígado, coma y muerte por envenenamiento de hierro han sido reportados. Pequeñas dosis son mucho más tóxicas para los niños.</p> <p>Contacto con la piel: Causa irritación a la piel. Los síntomas incluyen enrojecimiento, picazón y dolor.</p> <p>Contacto con los ojos: Causa irritación, enrojecimiento y dolor.</p> <p>La exposición crónica: Intoxicaciones graves o permanentes de sulfato ferroso puede dañar los vasos sanguíneos. Dosis grandes permanentes causan raquitismo en los niños. La exposición permanente puede causar efectos en el hígado. La exposición prolongada de los ojos puede causar decoloración.</p> <p>Agravación de condiciones ya existentes: Las personas con desórdenes cutáneos ya existentes o con problemas en los ojos, daño en la función hepática, renal o respiratoria pueden ser más susceptibles a los efectos de este material.</p>	Salud:	3 - Severo (Vida)	Inflamabilidad:	0 - Ninguna	Reactividad:	1 - Leve	Contacto:	2 - Moderado	
Salud:	3 - Severo (Vida)										
Inflamabilidad:	0 - Ninguna										
Reactividad:	1 - Leve										
Contacto:	2 - Moderado										

 <p>Sulfato Ferroso Heptahidratado</p>	<p>Utilización de la sustancia / preparación Agroindustria Otros usos industriales</p> <p>Denominación de la empresa Empresa: Industrias Emu S.A. Teléfono (4)3731112</p>	
4	<p>Medidas de Primeros Auxilios</p>	<p>Inhalación: Trasladar al aire fresco. Si no respira, dar respiración artificial. Si la respiración es difícil, dar oxígeno. Conseguir atención médica.</p> <p>Ingestión: Provocar el vómito inmediatamente con indicación de personal médico. No dar nada por boca a una persona inconsciente. Conseguir atención médica.</p> <p>Contacto con la piel: Lavar la piel inmediatamente con abundante agua y jabón durante al menos 15 minutos. Quite la ropa y zapatos contaminados. Lave la ropa y los zapatos antes de usarlos nuevamente. Conseguir atención médica.</p> <p>Contacto con los ojos: Lavar los ojos inmediatamente con abundante agua durante al menos 15 minutos, abriendo y cerrando los párpados ocasionalmente. Conseguir atención médica inmediatamente.</p>
5	<p>Medidas contra Incendios</p>	<p>Fuego: No se considera como un riesgo de incendio.</p> <p>Explosión: No se considera como un riesgo de explosión.</p> <p>Medios de extinción de incendios: Utilizar cualquier medio apropiado para extinguir fuego alrededor. En caso de incendio utilizar polvo químico seco, CO₂ o rociar agua.</p> <p>Información Especial: Use ropa protectora y equipo de respiración adecuado para el fuego circundante.</p>
6	<p>Medidas de Liberación Accidental</p>	<p>Ventilar el área de la fuga o derrame. Use el equipo apropiado de protección personal como se especifica en la Sección 8. Derrames: Recoger y colocar en un recipiente apropiado para recuperación o eliminación, utilizando un método que no genera polvo.</p>
7	<p>Manipulación y Almacenamiento</p>	<p>Mantener en un recipiente cerrado herméticamente, almacene en un lugar fresco, seco y ventilado. Proteger contra daño físico. Mantener una temperatura constante no superior a 24 °C (75 °F). Fluctuaciones de temperatura provocan la oxidación del producto. No utilice este producto si está cubierto con sulfato férreo básico marrón-amarillo. Aislar de sustancias incompatibles. Los envases de este material pueden ser peligrosos cuando están vacíos ya que retienen residuos del producto (polvo, sólidos); observar todas las advertencias y precauciones indicadas para el producto.</p>

 <p>Industrias Emu S.A. SOLUCIONES AGRO-INDUSTRIALES</p>	<p>Sulfato Ferroso Heptahidratado</p>	<p>Utilización de la sustancia / preparación Agroindustria Otros usos industriales</p> <p>Denominación de la empresa Empresa: Industrias Emu S.A. Teléfono (4)3731112</p> 
<p>8 Controles de Exposición Protección Personal</p> <p>Límites de Exposición: - ACGIH Valor límite umbral (TLV): 1 mg/m³ (TWA) de sal de hierro soluble como Fe.</p> <p>Sistema de Ventilación: Un sistema de aireación de escape local y/o general es recomendado para mantener las exposiciones de empleados por debajo de los Límites de Exposición. La ventilación de escape local es generalmente preferida porque se puede controlar las emisiones del contaminante en su fuente, impidiendo la dispersión de este en el área de trabajo en general. Por favor, consulte el documento de la ACGIH, <i>Ventilación Industrial, Un Manual de Prácticas Recomendadas</i>, Edición más reciente, para más detalles.</p> <p>Respiradores Personales (Aprobados por NIOSH): Si el límite de exposición es excedido y los controles de ingeniería no son factibles, un respirador de partículas máscara media (NIOSH tipo N95 o mejores filtros) puede ser usado 10 veces por encima del límite de exposición o la concentración de uso máxima especificada por la agencia reguladora apropiada o el proveedor del respirador, lo que sea más bajo. Un respirador de partículas máscara completa (filtros de NIOSH tipo N100) puede ser usado 50 veces por encima del límite de exposición o la concentración de uso máxima especificada por la agencia reguladora apropiada o el proveedor del respirador, lo que sea más bajo. Si las partículas de aceite (por ejemplo, lubricantes, fluidos de corte, glicerina, etc.) están presentes, use un NIOSH tipo R o un filtro P. Para emergencias o casos donde los niveles de exposición no son conocidos, use una máscara completa de presión positiva, un respirador de auto contenido. ADVERTENCIA: Respiradores auto contenido no protegen a los trabajadores en atmósferas deficientes de oxígeno.</p> <p>Protección de la piel: Usar ropa protectora impermeable, incluyendo botas, guantes (caucho nitrilo), bata de laboratorio, delantal u overol, lo que sea apropiado, para evitar el contacto con la piel.</p> <p>Protección de los ojos: Utilice gafas protectoras contra productos químicos y/o careta completa donde polvo o salpicaduras de soluciones es posible. Mantenga una fuente de lavado de ojos y duchas de emergencia en el área de trabajo.</p>		
<p>9 Propiedades Físicas y Químicas</p>	<p>Aspecto: Cristales azules - verdosos. Olor: Inodoro. Solubilidad: 48.6 g/100 g water a 50 °C (122 °F). Densidad: 1.90. pH: 3 – 4 solución acuosa al 5%. % De Volátiles por Volumen @ 21 °C (70 °F): 0 Punto de ebullición: Se descompone > 300 °C (> 572 °F). Punto de fusión: Pierde agua a 57 °C (135 °F). Densidad de vapor (Aire = 1): No se encontró información. Presión de Vapor (mm Hg): No se encontró información. Tasa de evaporación (BuAc = 1): No se encontró información.</p>	

	<p>Sulfato Ferroso Heptahidratado</p> <p>Utilización de la sustancia / preparación Agroindustria Otros usos industriales</p> <p>Denominación de la empresa Empresa: Industrias Emu S.A. Teléfono (4)3731112</p>	
10 Estabilidad y Reactividad	<p>Estabilidad: Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento. Pierde agua en aire seco y se oxida con la exposición a la humedad, formando una capa marrón básica de sulfato ferroso extremadamente corrosiva.</p> <p>Productos de descomposición peligrosos: La combustión produce óxidos de azufre.</p> <p>Polimerización peligrosa: El producto no se polimeriza.</p> <p>Incompatibilidades: Álcalis, carbonatos solubles, y materiales oxidantes. Reacciona con la humedad del aire para formar sulfato ferroso.</p> <p>Condiciones a evitar: La humedad.</p>	
11 Información Toxicológica	<p>DL50 oral ratón: 1520 mg / kg. Investigado como un mutagénico.</p> <p>Lista de Cánceres Ingrediente: Sulfato Ferroso (7720-78-7) Carcinógeno NTP Conocido: No Carcinógeno NTP Anticipado: No Carcinógeno NTP Categoría IARC: Ninguno</p>	
12 Información Ecológica	<p>Destino ambiental No se encontró información.</p> <p>Toxicidad Ambiental: Los valores de LC50/96-horas para peces se encuentran entre 1 y 10 mg/L. Se espera que este sea tóxico para la vida acuática.</p>	
13 Consideraciones sobre la eliminación	<p>Cualquier cantidad que no pueda salvarse por recuperado o reciclado debe manejarse en una instalación de eliminación de residuos apropiada y aprobada. El procesamiento, uso o contaminación de este producto puede cambiar las opciones del manejo de residuos. Las regulaciones de eliminación departamental pueden diferir de las regulaciones de eliminación nacional. Deseche el envase y el residuo.</p>	
14 Información de Transporte	<p>No Regulado</p>	

	Sulfato Ferroso Heptahidratado														
	Utilización de la sustancia / preparación Agroindustria Otros usos industriales														
Denominación de la empresa Empresa: Industrias Emu S.A. Teléfono (4)3731112															
15 Información Reglamentaria															
Estado de Inventario Químico - Parte 1															
Ingrediente		TSCA	EC	Japón	Australia										
Sulfato Ferroso (7720-78-7)		SI	SI	SI	SI										
Estado de Inventario Químico - Parte 2															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ingrediente</th><th>Corea</th><th>DSL</th><th>NDSL</th><th>Phil.</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sulfato Ferroso (7720-78-7)</td><td>SI</td><td>SI</td><td>No</td><td>SI</td></tr> </tbody> </table>						Ingrediente	Corea	DSL	NDSL	Phil.	Sulfato Ferroso (7720-78-7)	SI	SI	No	SI
Ingrediente	Corea	DSL	NDSL	Phil.											
Sulfato Ferroso (7720-78-7)	SI	SI	No	SI											
Regulaciones Federales, Estatales e Internacionales - Parte 1															
		SARA 302	SARA 313												
Ingrediente		RQ	TPQ	Lista	Cat. Químico										
Sulfato Ferroso (7720-78-7)		No	No	No	No										
Regulaciones Federales, Estatales e Internacionales - Parte 2															
		RCRA	261.33	RCRA	TSCA										
Ingrediente		CERCLA	1000	No	8 (d)										
Sulfato Ferroso (7720-78-7)					No										
Convención de Armas Químicas: No TSCA 12 (b): No CDTA: No SARA 311/312: Agudo: SI Crónico: SI Inflamabilidad: No Presión: No Reactividad: No (Puro / Sólido) Código Hazchem Australiano: Ninguno asignado. Frase veneno: Ninguno asignado. WHMIS: Este MSDS ha sido preparado de acuerdo a los criterios de peligro de las Regulaciones de Productos Controlados (CPR) y el MSDS contiene toda la información requerida por el CPR.															
16 Otros Datos Clasificación NFPA: Salud: 1 Inflamabilidad: 0 Reactividad: 0															
Etiqueta de Advertencia de Peligro: ADVERTENCIA! NOCIVO SI ES INGERIDO O INHALADO. CAUSA IRRITACIÓN A LA PIEL, OJOS Y TRACTO RESPIRATORIO. AFECTA EL HÍGADO.															
Etiqueta de Precauciones: Evite el contacto con ojos, piel y ropa. Lavar muy bien después de manipular. Evite respirar el polvo. Mantenga el recipiente cerrado. Use sólo con ventilación adecuada.															

 <p>Industrias emu S.A. Soltuciones Agro-Industriales</p>	<p>Sulfato Ferroso Heptahidratado</p> <p>Utilización de la sustancia / preparación Agroindustria Otros usos industriales</p> <p>Denominación de la empresa Empresa: Industrias Emu S.A. Teléfono (4)3731112</p>	
<p>Etiqueta de Primeros Auxilios: Si es ingerido, induzca el vómito inmediatamente como lo indique el personal médico. No dar nada por boca a una persona inconsciente. Si es inhalado, trasladar al aire libre. Si no respira, dar respiración artificial. Si la respiración es difícil, dar oxígeno. En caso de contacto, lave inmediatamente los ojos o la piel con abundante agua durante al menos 15 minutos. Quitese la ropa y zapatos contaminados. Lave la ropa y los zapatos antes de usarlos nuevamente. En todos los casos, conseguir atención médica.</p> <p>Uso del producto: Reactivos de Laboratorio. Químicos farmacéuticos a granel.</p> <p>Información de Revisión: No hay cambios.</p>		
<p><i>Industrias EMU S.A. proporciona la información contenida aquí de buena fe, pero no hace ninguna representación en cuanto a su integridad o exactitud. Este documento está destinado sólo como una guía para el manejo apropiado y preavido del material por una persona adecuadamente capacitada en el uso de este producto. Los individuos que reciben la información deben ejercer su juicio independiente en la determinación de su idoneidad para un propósito particular. Industrias EMU S.A. NO HACE NINGUNA DECLARACIÓN O GARANTÍA, NI EXPRESADA O IMPLÍCITA, INCLUYENDO SIN LIMITACIÓN CUALQUIER GARANTÍA DE COMERCIALIZACIÓN, IDONEIDAD PARA UN PROPÓSITO PARTICULAR CON RESPECTO A LA INFORMACIÓN EXPUESTA EN EL PRESENTE DOCUMENTO O AL PRODUCTO A QUE SE REFIERE LA INFORMACIÓN. POR CONSIGUIENTE, Industrias EMU S.A. NO SE HACE RESPONSABLE DE LOS DAÑOS CAUSADOS POR EL USO DE O LA CONFIABILIDAD DE ESTA INFORMACIÓN.</i></p>		

■ Peróxido de hidrógeno

Fichas Internacionales de Seguridad Química

PEROXIDO DE HIDROGENO EN SOLUCION>60%

ICSC: 0164

PEROXIDO DE HIDROGENO EN SOLUCION>60%					
Agua oxigenada 60%					
Hidroperóxido					
Perhidrol					
H_2O_2					
Masa molecular: 34.0					
Nº CAS 7722-84-1					
Nº RTECS MX0900000					
Nº ICSC 0164					
Nº NU 2015					
Nº CE 008-003-00-9					
TIPOS DE PELIGRO/EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS		
INCENDIO	No combustible pero facilita la combustión de otras sustancias. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión.	NO poner en contacto con combustibles, agentes reductores o superficies calientes.	En caso de incendio en el entorno: agua en grandes cantidades, agua pulverizada.		
EXPLOSION	Riesgo de incendio y explosión en contacto con calor o catalizadores metálicos.		En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua. (Véanse Notas).		
EXPOSICION		¡EVITAR LA FORMACION DE NIEBLA DEL PRODUCTO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!		
• INHALACION	Corrosivo. Tos, vértigo, dolor de cabeza, dificultad respiratoria, náuseas, jadeo, dolor de garganta. (Síntomas no inmediatos: véanse Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado y proporcionar asistencia médica.		
• PIEL	Corrosivo. Enrojecimiento, quemaduras cutáneas, dolor.	Guantes protectores y traje de protección.	Aclarar con agua abundante, después quitar la ropa contaminada, aclarar de nuevo y proporcionar asistencia médica.		
• OJOS	Corrosivo. Enrojecimiento, dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves, ulceración de la cornea, perforación.	Gafas ajustadas de seguridad o pantalla facial.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.		
• INGESTION	Dolor abdominal, náuseas, dolor de garganta, vómitos, distensión abdominal.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, NO provocar el vómito, dar a beber agua abundante y proporcionar asistencia médica.		

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Ventilar. Eliminar el líquido derramado con agua abundante, NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).	Separado de sustancias combustibles y reductoras, bases fuertes y metales. Mantener en lugar fresco y oscuro. Almacenar en contenedor con un sistema de venteo. Almacenar solamente si está estabilizado.	Material especial. símbolo O símbolo C R: 8-34 S: (1/2)-3-28-36/39-45 Nota: B, 4 Clasificación de Peligros NU: 5.1 Riesgos Subsidiarios NU: 8 Grupo de Envasado NU: I CE:  
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE		
ICSC: 0164	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994	ICSC: 0164

PEROXIDO DE HIDROGENO EN SOLUCION>60%

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido incoloro.</p> <p>PELIGROS FISICOS</p> <p>PELIGROS QUIMICOS La sustancia se descompone al calentarla suavemente o bajo la influencia de la luz, produciendo oxígeno que aumenta el peligro de incendio. La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores, causando peligro de incendio o explosión particularmente en presencia de metales. Ataca a muchas sustancias orgánicas, e.j., textiles y papel.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV (como TWA): 1 ppm; 1.4 mg/m³ (ACGIH 1993-1994).</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor, a través de la piel y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACION Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia es corrosiva de los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La inhalación de altas concentraciones del vapor o la niebla puede originar edema pulmonar (véanse Notas). Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA La sustancia puede afectar a los pulmones, dando lugar a una alteración del intercambio gaseoso.</p>
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 141°C (90%), 125°C (70%)°C Punto de fusión: -11°C (90%), -39°C (70%)°C Densidad relativa (agua = 1): 1.4 (90%), 1.3 (70%) Solubilidad en agua: Miscible	Presión de vapor, kPa a 20°C: 0.2 (90%), 0.1 (70%) Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.0 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -1.36
DATOS AMBIENTALES		

NOTAS	
EXPLOSION/PRIMEROS AUXILIOS: Los bomberos deberían emplear indumentaria de protección completa, incluyendo equipo autónomo de respiración. 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. Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (peligro de incendio). Nombre comercial: Albone.	
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-44 Código NFPA: H 2; F 0; R 3; oxy	
INFORMACION ADICIONAL	
FISQ: 3-171 PEROXIDO DE HIDROGENO EN SOLUCION>60%	
ICSC: 0164	PEROXIDO DE HIDROGENO EN SOLUCION>60%
© CCE, IPCS, 1994	
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).

El significado de las frases R y S, presentes en las fichas de seguridad de las sustancias implicadas en el proceso, es:

Tabla 5.2: Significado de las frase R y S de las fichas de los productos implicados en el proceso.

Frases R	R10: Inflamable.
	R11: Fácilmente inflamable.
	R12: Extremadamente inflamable.
	R20: Nocivo por inhalación.
	R22: Nocivo por ingestión.
	R23: Tóxico por inhalación.
	R24: Tóxico en contacto con la piel.
	R25: Tóxico por ingestión.
	R26: Muy tóxico por inhalación.
	R34: Provoca quemaduras.
	R35: Provoca quemaduras graves.
	R36: Irrita los ojos.
	R37: Irrita las vías respiratorias.
	R40: Posibilidad de efectos irreversibles.
	R41: Riesgo de lesiones oculares graves.
	R48: Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada.
	R50: Muy tóxico para los organismos acuáticos.
	R52: Nocivo para los organismos acuáticos.
	R53: Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
	R68: Posibilidad de efectos irreversibles.
Frases S	S1: Consérvese bajo llave.
	S2: Manténgase fuera del alcance de los niños.
	S9: Consérvese el recipiente en lugar bien ventilado.
	S16: Conservar alejado de toda llama o fuente de ignición. No fumar.
	S23: No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles.
	S26: En caso de contacto con los ojos, lávense inmediatamente y abundantemente con agua y acudan a un médico.
	S28: En caso de contacto con la piel, lávese inmediatamente y abundantemente con (productos a especificar por el fabricante).
	S33: Evítese la acumulación de cargas electrostáticas.
	S36: Úsese indumentaria protectora adecuada.
	S37: Úsense guantes adecuados.
	S39: Úsese protección para los ojos/la cara.
	S45: En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible muéstrese la etiqueta).
	S61: Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

5.3.4. Almacenamiento de productos químicos

5.3.4.1. Introducción

En toda industria química será necesario disponer de al menos un área de almacenamiento, para albergar las materias primas a partir de las cuales se desarrollará el proceso, los productos intermedios que se originan en el mismo y los productos resultantes que se obtienen de éste. La seguridad en el almacenamiento de sustancias peligrosas es fundamental a la hora de evitar posibles riesgos sobre la salud de las personas y el medio ambiente.

Dentro de las acciones básicas para conseguir un almacenamiento seguro y adecuado de productos químicos se encuentra la reducción al mínimo del stock, puesto que la acumulación de productos, sobre todo inflamables, aumenta el riesgo de incendio. Otras de las acciones a tener en cuenta serán la aplicación de distancias mínimas de seguridad entre tanques y el aislamiento o confinamiento de los mismos en cubetos de retención para evitar la dispersión del producto en caso de rotura de alguno de los tanques. Además, será necesario establecer un plan de almacenamiento que permita en caso de incidente conocer con rapidez la naturaleza de los productos almacenados, su cantidad y su localización dentro del área de almacenamiento.

En España, el almacenamiento de productos químicos está regulado en base a lo distado por el Real Decreto 379/2001, mediante el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias.

5.3.4.2. Incompatibilidad de sustancias

Se deberán tener en cuenta las características físico-químicas de las sustancias en la planificación del almacenamiento, puesto que ciertas sustancias o ciertas clases de sustancias pueden reaccionar violentamente entre sí, por lo que se prohíbe su almacenamiento conjunto, sobre todo a partir de ciertas cantidades.

En la tabla 5.3 se muestran las incompatibilidades entre sustancias peligrosas. El signo más (+) indica que esa clase de sustancias se pueden almacenar

conjuntamente, el símbolo circular (o) indica que solamente se podrán almacenar de forma conjunta si se adoptan ciertas medidas de seguridad y el signo menos (-) hace referencia a sustancias incompatibles. Esta tabla es de obligado cumplimiento.

Tabla 5.3: Cuadro resumen de incompatibilidades de almacenamiento de sustancias

Peligrosas.

	Flame	Explosion	Skull	Radioactive	Flame	X
Flame	+	-	-	-	-	+
Explosion	-	+	-	-	-	-
Skull	-	-	+	-	-	+
Radioactive	-	-	-	+	-	-
Flame	-	-	-	-	+	o
X	+	-	+	-	o	+

5.3.4.3. Distancias mínimas de seguridad

En función de las directrices descritas en el cuadro II-1 del capítulo I de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-MIE-APQ-1, se han establecido las distancias mínimas de seguridad entre las diversas instalaciones que componen un almacenamiento y de éstas a otros elementos exteriores. Para obtener la distancia mínima entre las distintas instalaciones de recipientes que forman el parque de

tanques y los recipientes que almacenan una misma sustancia se ha empleado el cuadro II-5 del capítulo I de la misma instrucción técnica.

Tabla 5.4: Distancia entre paredes de recipientes.

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

Nota 1. D será igual al diámetro del recipiente, salvo que su generatriz sea superior a 1,75 veces el diámetro, en cuyo caso se tomará como D la semisuma de generatriz y diámetro. El valor de D a considerar será el que, una vez aplicadas las distancias del cuadro II-5, de lugar a la distancia mayor.

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

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

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

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

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

Para la obtención de la distancia mínima, entre los tanques que se han dispuesto en línea, se considerará la nota 1 para aplicar la tabla 5.4. Las distancias obtenidas se muestran en la tabla 5.5:

Tabla 5.5: Distancia entre las paredes de los tanques del área de almacenamiento de la planta.

	Etileno (A1)	Acetaldehído (B1)
Etileno (A1)	4 m	15 m
Acetaldehído (B1)	15 m	2 M

5.3.4.4. Cubetos de retención

Los recipientes de superficie para almacenar líquidos inflamables y combustibles, como es el caso del acetaldehído y el etileno, deben disponer de un cubeto de retención. Un cubeto de retención es un recipiente abierto que contiene en su interior uno o varios elementos de almacenamiento y cuya misión es retener los productos contenidos en éstos en caso de rotura de los mismos o de funcionamiento incorrecto del sistema de trasiego o manejo.

En todos los cubetos los recipientes no pueden estar dispuestos en más de dos filas. Es preciso que cada fila de recipientes tenga adyacente una calle o vía de acceso que permita la intervención de la brigada contra incendios. El fondo del cubeto tendrá una pendiente de forma que todo el producto derramado pueda fluir rápidamente hacia una zona del cubeto lo más alejada posible de la proyección de los recipientes, de las tuberías y de los mandos de comando de la red de incendios.

El etileno se almacenará en tanques criogénicos, los cuales están regulados mediante la instrucción técnica ITC-MIE-APQ-10, según la cual los depósitos deberán estar rodeados, en los lados que no estén protegidos por muros, por una cerca metálica ligera que impida que personas ajenas al servicio puedan manipular estas instalaciones o acercarse a las mismas.

En planta de producción de acetaldehído se utilizan dos cubetos distintos por medidas de seguridad, un cubeto para el almacenamiento del etileno y otro para el

almacenamiento del acetaldehído. Para el cálculo de los volúmenes de los cubetos se sigue la normativa de las ITC-MIE-APQ-1.

a) Capacidad del cubeto

Cuando un cubeto contenga un solo recipiente, su capacidad se establece considerando que tal recipiente no existe, es decir, será el volumen de líquido que pueda quedar retenido dentro del cubeto, incluyendo el del recipiente hasta el nivel de líquido en el cubeto.

Cuando un cubeto contenga dos o más recipientes, su capacidad se establece:

- i. Referido al recipiente mayor, considerando que no existe éste, pero sí los demás, es decir, descontando del volumen total del cubeto vacío el volumen de la parte de cada recipiente que quedaría sumergido bajo el nivel del líquido, excepto el del mayor.
- ii. Referido a la capacidad global de los recipientes: el volumen total del cubeto, considerando que no existe ningún recipiente en su interior.

b) Prescripciones particulares.

▪ *Líquidos de subclase A1 en recipientes atmosféricos o a baja presión.*

Cuando un cubeto contenga un solo recipiente, su capacidad será igual al cien por cien de la capacidad del mismo.

Cuando un cubeto contenga varios recipientes, su capacidad debe ser igual al mayor de los valores siguientes:

- Cien por cien de la capacidad (calculado según el apartado a punto i de este artículo)
- Cien por cien de la capacidad calculada según el apartado a punto ii de este artículo.

Cada recipiente debe estar separado de los próximos por un terraplén o murete. Esta separación debe disponerse de manera que las capacidades de los compartimentos sean proporcionales alas de los recipientes contenidos.

- *Líquidos de la subclase A2 y recipientes a presión de la subclase A1*

Los recipientes deberán disponer de un cubeto a distancia con la menor superficie libre posible. Los recipientes estarán en un área rodeada de muros. El fondo de éste deberá ser compacto y tener una pendiente tal que todo producto líquido derramado discurra rápidamente hacia el cubeto a distancia, sin pasar por debajo de otros recipientes, tuberías y elementos de mando de la red de incendios. El cubeto a distancia deberá tener, al menos, una capacidad igual al veinte por ciento de la capacidad global de los recipientes en él contenidos (o el porcentaje que se calcule en el proyecto que no se evaporará instantáneamente en caso de colapso del recipiente mayor).

La altura máxima de los muros de los cubetos será de 1 metro y la mínima de 0,50 metros, si son de tierra, y de 0,30 metros si son de obra de fábrica. Cuando los recipientes de almacenamiento se encuentran situados en terrenos elevados o pendientes, que favorezcan la salida de los productos, se deberán construir muros de altura adecuada que protejan las zonas bajas de dichos terrenos o edificios, caminos, carreteras, vías de ferrocarril y otros servicios de uso público.

c) Cálculo de las dimensiones del cubeto

Para el cálculo de las dimensiones del cubeto se escogerá como ejemplo el almacenamiento de etileno, puesto que la determinación para el caso del acetaldehído se realiza de forma semejante. Este cubeto contiene ocho tanques iguales de 97,580 m³ repartidos en dos filas de cuatro tanques. Considerando un tanque cualquiera de 97,580 m³, se descuenta el volumen que queda sumergido un metro. El volumen sumergido de un tanque es:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4}$$

Para este caso el diámetro interior de los tanques es de 3,6 metros con lo que se obtiene un volumen de 10,18 m³.

El volumen del cubeto se calcula como:

$$V = 97,58 + (7 \cdot 10,18) = 168,84 \text{ m}^3$$

El volumen total de los ocho tanques es de 780,64 m³. Para el diseño del cubeto se ha de considerar el 10% de esta capacidad, es decir 78,06 m³. Como hay que elegir el mayor valor de los dos calculados, se obtiene que el volumen mínimo del cubeto de retención para los tanques de etileno es de 168,84 m³. De los datos de distancias entre tanques obtenidos anteriormente se calculará el dimensionamiento de los cubetos. Por otro lado, se toma como distancia entre un tanque y la pared del cubeto como $d_{pared}=1,5\text{m}$.

Las dimensiones del cubeto se calculan como:

$$V = Largo \cdot Ancho \cdot Profundidad$$

Por lo que el largo del cubeto se obtiene de la siguiente expresión:

$$Largo = 2 \cdot d_{pared} + 4 \cdot D + 3 \cdot d_{pared}$$

Se obtiene un valor de 29,4 metros.

Para el caso del ancho del cubeto se emplea la siguiente expresión:

$$Ancho = 2 \cdot d_{pared} + 2 \cdot D + d_{pared}$$

El ancho obtenido será de 15 metros.

El valor de la altura del cubeto se calcula como:

$$h = \frac{V}{l \cdot a}$$

Obteniéndose un valor de 0,38 metros.

Por motivos de la ubicación de los tanques para favorecer las líneas de tuberías, se ha modificado la distribución de los tanques, que continuarán siendo en dos filas, pero las dimensiones del cubeto aumentarán. En la tabla 5.6 se resumen las dimensiones obtenidas para los cubetos de etileno y acetaldehído.

Tabla 5.6: Dimensiones de los cubetos del área de almacenamiento.

	Largo	Ancho	Altura
Etíleno	34,8	15	0,4
Acetaldehído	19	13	0,8

5.3.5. Señalización de seguridad

En el lugar de trabajo pueden producirse una serie de circunstancias que impliquen un riesgo para personas o bienes, por lo que es necesario que existan indicadores o códigos de lenguaje internacionales que aporten información a los trabajadores relativa a la seguridad.

De acuerdo con el Real Decreto 485/1997 sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, se entiende como señalización de seguridad aquella que referida a un objeto, actividad o situación determinadas, proporcione una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual, según proceda. A continuación, se detallarán los diferentes tipos de señales así como las disposiciones mínimas de carácter general relativas a la señalización conforme a las exigencias establecidas por el RD 485/1997.

5.3.5.1. Criterios para el empleo de la señalización

La señalización de seguridad deberá utilizarse siempre que el análisis de los riesgos existentes, de las situaciones de emergencia previsibles y de las medidas preventivas adoptadas, ponga de manifiesto la necesidad de:

- Llamar la atención de los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.
- Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- Orientar o guiar a los trabajadores que realicen determinadas maniobras peligrosas.

La señalización no debe considerarse una medida sustitutoria de las medidas técnicas y organizativas de protección colectiva y deberá utilizarse cuando mediante estas últimas no haya sido posible eliminar los riesgos o reducirlos suficientemente. Tampoco deberá considerarse una medida sustitutoria de la formación e información de los trabajadores en materia de seguridad y salud en el trabajo. Para realizar la elección del tipo de señal que se va a utilizar, el número y el emplazamiento de las mismas deberán de analizarse una serie de parámetros como el número de trabajadores que se verán afectados, las características de la zona que se pretende señalizar, los tipos de riesgos o circunstancias de los que sea necesario advertir y las características de la señal.

5.3.5.2. Colores de seguridad

Los colores de seguridad son aquellos a los cuales se les atribuye un significado por el cual pueden formar parte de los paneles de señalización de seguridad o constituir una señalización por sí mismos. En el siguiente cuadro se muestran los colores de seguridad, su significado y otras indicaciones sobre su uso:

Tabla 5.7: Colores de seguridad.

COLOR	SIGNIFICADO	INDICACIONES Y PRECISIONES
ROJO	Señal de prohibición	Comportamientos peligrosos
	Peligro-alarma	Alto, parada, dispositivos de desconexión de emergencia. Evacuación
	Material y equipos de lucha contra incendios	Identificación y localización
AMARILLO/ AMARILLO ANARANJADO	Señal de advertencia.	Atención, precaución. Verificación.
AZUL	Señal de obligación	Comportamiento o acción específica. Obligación de utilizar un equipo de protección individual.
VERDE	Señal de salvamento o de auxilio	Puertas, salidas, pasajes, material, puestos de salvamento o de socorro, locales.
	Situación de seguridad	Vuelta a la normalidad

Cuando el color de fondo sobre el que tenga que aplicarse el color de seguridad pueda dificultar la percepción de este último, se utilizará un color de contraste que enmarque o se alterne con el de seguridad. Para los colores de seguridad rojo, azul y verde se empleará como color de contraste el blanco y para el amarillo o amarillo anaranjado se empleará el negro.

5.3.5.3. Tipos de señalización

En función de sus características, las señales se clasificarán en cuatro grandes grupos: señales en forma de panel, señales luminosas, señales acústicas, señales gestuales.

a) Señal en forma de panel

Las señales en forma de panel son aquellas formadas por una forma geométrica, que será diferente en función del significado de la señal (prohibición, obligación, advertencia, salvamento o socorro o indicativas), por el color correspondiente al peligro y en cuyo interior disponen de un símbolo o pictograma que describe la situación determinada y ayuda a concretar su significado.

- *Señales de advertencia*

Señales de panel de forma triangular que advierten de un riesgo o peligro. En todas las señales de advertencia el pictograma es negro sobre fondo amarillo, a excepción de la señal de materias nocivas o irritantes que es de color naranja para evitar posibles confusiones con otras señales similares empleadas en la regulación del tráfico por carreta.

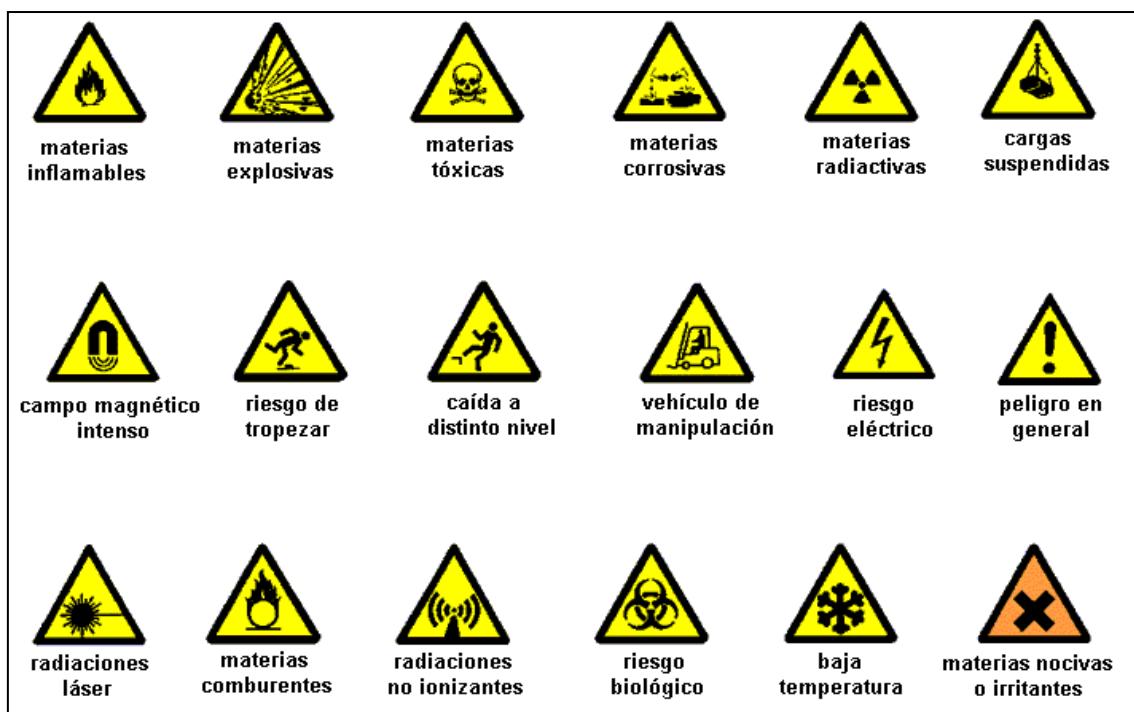


Figura 5.2: Señales de advertencia de peligro.

- *Señales de prohibición*

Señales en forma de panel que prohíben un comportamiento que puede comportar un peligro. Su forma geométrica deberá ser redonda, el pictograma negro sobre fondo blanco y los bordes y la banda transversal rojos. La banda transversal deberá ser descendente de izquierda a derecha atravesando el pictograma 45° respecto a la horizontal.



Figura 5.3: Señales de prohibición.

- *Señales de obligación*

Son señales que obligan a realizar un comportamiento determinado para así disminuir el riesgo de accidente. Se caracterizan por su forma redonda y por el pictograma blanco sobre fondo azul.



Figura 5.4: Señales de obligación.

- *Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios.*

Este tipo de señales están concebidas para indicar la ubicación de los dispositivos o instrumentos de lucha contra incendios como extintores, mangueras, etc. Se caracterizan por una forma regular o cuadrada y el pictograma blanco sobre fondo rojo.



Figura 5.5: Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios.

- *Señales de salvamento o de socorro*

El objetivo de este tipo de señales en forma de panel es advertir o indicar el lugar donde se encuentran las salidas de emergencia, lugares de primeros auxilios o de llamadas de socorro y el emplazamiento de los dispositivos de socorro. El panel será de forma rectangular o cuadrada y el pictograma deberá ser blanco sobre fondo verde.



Figura 5.6: Señales de salvamento o de socorro.

b) Señales luminosas

Las señales luminosas son aquellas emitidas por un dispositivo formado por materiales transparentes o translúcidos, iluminados desde atrás o desde el interior, de tal manera que aparezca por sí misma como una superficie luminosa.

La superficie luminosa, que emita la señal, podrá ser de un color uniforme o llevar un pictograma sobre un fondo determinado, en ambos casos se ajustarán a lo establecido anteriormente en referencia a los colores de seguridad y paneles.

Las señalizaciones que necesiten de una fuente de energía adicional para funcionar, dispondrán de alimentación de emergencia garantizada, en caso de interrupción de esa energía, salvo que el riesgo desaparezca con el corte de la energía.

La intensidad de la luz emitida deberá asegurar su percepción, sin llegar a producir deslumbramientos por exceso o mala visibilidad por insuficiencia.

c) Señales acústicas

Se consideran señales acústicas a aquellas señales sonoras codificadas, emitidas y difundidas por un dispositivo apropiado sin intervención de la voz humana.

Este tipo de señales deben de cumplir una serie de requisitos:

- El sonido de una señal de evacuación será continuo.
- No se utilizarán al mismo tiempo dos señales sonoras.
- El nivel sonoro de la señal deberá ser claramente superior al ruido ambiental, de modo que sea claramente audible. En caso de ruido ambiental demasiado intenso, no deberán emplearse este tipo de señales.

Tanto una señal luminosa como acústica indicará, al ponerse en marcha, la necesidad de realizar una determinada acción, y se mantendrá mientras persista tal necesidad. Al finalizar la emisión se adoptarán de inmediato las medidas que permitan volver a utilizarlas en caso de necesidad.

En caso de que el mismo dispositivo pueda emitir señales de forma continua e intermitente, éstas últimas indicarán un mayor grado de peligro o urgencia, esta característica es común a las señales acústicas y luminosas.

d) Señalización gestual

Se denomina señal gestual a un movimiento o disposición de los brazos o de las manos en forma codificada para guiar a las personas que estén realizando maniobras que constituyan un riesgo o peligro para los trabajadores.

Una señal gestual deberá ser precisa, simple, fácil de realizar y comprender y ha de distinguirse claramente de cualquier otra señal gestual que no esté referida a la seguridad de los trabajadores.

Se designará a una persona para que se dedique exclusivamente a dar las instrucciones de maniobra mediante señales gestuales al resto de los operadores de la planta durante el desarrollo de operaciones que impliquen un riesgo para los trabajadores. El encargado de las señales deberá ser fácilmente reconocible por el personal de la instalación por lo que llevará elementos de identificación apropiados como chaqueta, brazal o casco en colores vivos. El encargado deberá poder seguir visualmente el desarrollo de las maniobras sin estar amenazado por ellas.

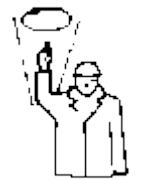
SIGNIFICADO	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN
Alto o parada de emergencia	Los dos brazos extendidos hacia arriba, las palmas de las manos hacia adelante.	
Izar carga	Brazo derecho extendido hacia arriba, la palma de la mano derecha hacia adelante, describiendo lentamente un círculo	
Fin de las operaciones	Las dos manos juntas a la altura del pecho	

Figura 5.7: Ejemplos de señales gestuales.

e) Otras señalizaciones

▪ *Señalización de desniveles u obstáculos*

Para la delimitación de zonas de locales de trabajo que presenten riesgos de caídas de personas, objetos o golpes, se realizará mediante franjas alternas amarillas y negras con inclinación de 45º, según indica la figura:



Figura 5.8: Señalización de desniveles u obstáculos que impliquen riesgos de caída de personas, objetos...

- *Señalización de tuberías*

La señalización de tuberías, según la norma NTP 566, se realizará empleando las señales triangulares de advertencia, la elección de dicha señal se realizará en función de los riesgos derivados de la sustancia contenida en las tuberías. Además se complementará la señalización con la aplicación de la norma DIN 2403, la cual especifica con colores la naturaleza del fluido circulante. Cuando resulte suficiente especificar la naturaleza del fluido, podrá utilizarse solamente el color básico, si además resulta necesario especificar su estado, se utilizará otro color denominado complementario, que se ubicará sobre el básico.

Las tuberías podrán pintarse con el color básico en: toda su longitud, una cierta longitud o en una banda longitudinal. Siempre se pintarán en proximidad a válvulas, empalmes, salidas de empotramientos y aparatos de servicio que formen parte de la instalación.

La anchura del anillo del color complementario será como mínimo igual al diámetro de la tubería. Cuando el color básico esté pintado solamente en forma de banda longitudinal, el anillo se sustituirá por una banda transversal de la misma altura que la banda del color básico.

Cuando resulte necesario reflejar el sentido de circulación del fluido transportado, se realizará mediante una flecha, de color blanco o negro, de forma que contraste con el color básico de fondo o mediante una banda longitudinal cuyo extremo más puntiagudo indicará el sentido.

TABLA 5.8: Color identificativo de tuberías según DIN 2403.

FLUIDO	COLOR BÁSICO	ESTADO FLUIDO	COLOR COMPLEMENTARIO
Aceites	Marrón	Gas-oil De alquitrán Bencina Benzoil	Amarillo Negro Rojo Blanco
Ácido	Naranja	Concentrado	Rojo
Aire	Azul	Caliente Comprimido Polvo carbón	Blanco Rojo Negro
Agua	Verde	Potable Caliente Condensada A Presión Salada Uso Industrial Residual	Verde Blanco Amarillo Rojo Naranja Negro Negro+Negro
Alquitrán	Negro		
Bases	Violeta	Concentrado	Rojo
Gases	Amarillo	Depurado Bruto Pobre Alumbrado De agua De aceite Acetileno Ácido carbónico Oxígeno Hidrógeno Nitrógeno Amoníaco	Amarillo Negro Azul Rojo Verde Marrón Blanco+Blanco Negro+Negro Azul+azul Rojo+rojo Verde+verde Violeta+violeta
Vacio	Gris		
Vapor	Rojo	De alta De escape	Blanco Verde

5.4. PRINCIPALES RIESGOS DE LA INDUSTRIA

Será necesario conocer los principales riesgos a los que puede estar sometida la instalación, para poder elaborar los planes de emergencia interior y exterior así como para poder planificar de un modo correcto la actuación en caso de accidente.

Por regla general, y según lo establecido en las directrices básicas para la elaboración y homologación de los planes especiales del sector químico, los accidentes mayores en las industrias químicas, y concretamente en la instalación de producción de acetaldehído que se está proyectando, pueden producir tres tipos de fenómenos: de tipo mecánico, como ondas de presión y proyectiles, ambos relacionados con las explosiones, de tipo térmico, como incendios y radiaciones térmicas o fenómenos de tipo químico, como fuga o vertido incontrolado de productos químicos peligrosos.

5.4.1. Riesgo de explosión

Una explosión es fenómeno en el cual se desprende energía de forma violenta en un corto período de tiempo dando lugar a una onda de presión. Esta onda consiste en compresiones y expansiones del aire atmosférico. En muchas ocasiones, las explosiones suelen ir acompañadas de altas temperaturas y de liberación de gases.

En función de la velocidad de la onda de sobrepresión, las explosiones pueden clasificarse en deflagraciones y detonaciones. En una deflagración, la velocidad de la onda de sobrepresión en el medio sin reaccionar es inferior a la velocidad del sonido (subsónica), mientras que en una detonación la velocidad de la onda es supersónica. Las detonaciones son siempre, para una misma cantidad de energía, mucho más destructivas que las deflagraciones.

Entre los distintos tipos de explosiones cabe distinguir los siguientes:

5.4.1.1. Explosiones de vapores confinados (VCE)

Este tipo de explosiones suceden cuando se produce un escape de un gas o de un vapor inflamable en un área confinada. Para que se produzca la explosión el gas debe de encontrarse dentro de los límites de inflamabilidad y ante una fuente de ignición.

En caso de que el recinto que contiene el gas inflamable sea un recipiente del tipo depósito, reactor, etc., la sobrepresión hará que éste tienda hacia una forma esférica hasta que se produzca la rotura, momento en el que todo el contenido será proyectado hacia el exterior. Estas explosiones son en general, muy destructivas para el recinto que contenía el gas pero, en cambio, los efectos hacia el exterior son más reducidos.

En general, las explosiones confinadas se pueden producir por fallos en el equipo de regulación y alivio de la presión, por la reducción del grosor de la pared del equipo debido a la corrosión o por la reducción de la resistencia del recipiente por efectos en su estructura.

5.4.1.2. Explosiones de vapores no confinados (UVCE)

Las nubes de vapor no confinadas se generan a raíz del escape de una cantidad determinada de un vapor combustible, o bien un líquido a partir del cual se formará vapor. Este tipo de explosiones pueden producirse en la planta de proceso, durante el transporte o por la rotura de un conducto de gas.

Una vez formada la nube de vapor, en función de las características de la sustancia y de las condiciones del entorno ésta puede sufrir diversas consecuencias: dispersarse en el aire antes de que se produzca la ignición, sin causar daños, prender inmediatamente e iniciar así un incendio de charco (en general, en este caso no habrá explosión y los daños ocasionados serán menores), dispersarse en un área extensa y producirse la ignición al cabo de un cierto tiempo, de manera que se formará una gran llamarada...

5.4.1.3. Bleve

El término bleve hace referencia a la explosión súbita de los vapores en expansión de un líquido en ebullición. Una explosión bleve se relaciona habitualmente con la ruptura súbita de un recipiente conteniendo una sustancia licuada bajo presión.

La causa más frecuente de este tipo de explosiones es el incendio externo, el cual a menudo se origina a partir de pequeñas fugas del material almacenado. A medida que se recibe calor del fuego externo, fracciones cada vez mayores de líquido pasan a fase vapor con el consiguiente aumento de presión. Al mismo tiempo, la radiación procedente del incendio e incluso la incidencia directa de las llamas calientan la pared del recipiente. En la zona de pared por encima del nivel de líquido, la transferencia de calor hacia el interior es más lenta, lo que hace que la temperatura de la pared aumente rápidamente, con la consiguiente disminución de su resistencia mecánica. El proceso da lugar al colapso del recipiente, la despresurización del gas y el líquido remanente y el bleve del conjunto. En otras ocasiones la ruptura del recipiente se produce porque su resistencia mecánica se ha sobrepasado debido a la sobrepresurización accidental, fallos del material, reacciones fuera de control, etc.

Los efectos de una explosión bleve son la formación de una onda de choque, los proyectiles o la radiación térmica formada.

Las medidas preventivas que se han adoptado con el objetivo de reducir el riesgo de explosiones han sido: establecimiento de distancias mínimas de seguridad entre las instalaciones que componen el almacenamiento y de éstas a otros elementos exteriores, en función a lo establecido por la instrucción técnica complementaria MIE-APQ1, refrigeración de los tanques de almacenamiento de acetaldehído debido a sus características inflamables, aislamiento térmico de las canalizaciones e instalación de sistemas de control y discos de ruptura en tanques y equipos presurizados con el fin de evitar posibles sobrepresiones.

5.4.2. Riesgo de incendio

Una combustión es una reacción química en la que se libera energía a partir de la oxidación de un material determinado, y el fuego es una consecuencia visible, en determinadas circunstancias de esta combustión. Un incendio se considera un fuego descontrolado de grandes proporciones. Los elementos necesarios y suficientes para que se produzca un incendio se esquematizan en el llamado ‘triángulo del fuego’, que se representa en la figura 5.9. Si falta cualquiera de sus elementos, el incendio no puede producirse. Así, un incendio no puede ocurrir si no hay combustible, o si no está presente en la proporción y cantidad requerida, si no hay oxígeno u otro componente comburente en las cantidades adecuadas o si no hay una fuente de ignición de suficiente potencia.



Figura 5.9: Triángulo del fuego.

Para que se mantenga la combustión, la energía desprendida en el proceso tiene que ser suficiente para que se produzca la *reacción en cadena*. La reacción en cadena de la combustión desprende calor que es transmitido al combustible realimentándolo y permitiendo que la combustión continúe.

Ampliando el concepto de ‘triángulo del fuego’ a otro similar con cuatro factores, incluyendo la reacción en cadena, obtendremos el ‘tetraedro del fuego’, que representa los factores necesarios para que el fuego progrese.

Las medidas preventivas que se han adoptado con el objetivo de minimizar el riesgo de incendio han sido: empleo de aislamientos para contrarrestar temporalmente los efectos de la temperatura sobre estructuras e instalaciones, elección de materiales y revestimientos ignífugos o pinturas intumescientes en función de las necesidades del equipo para retardar la transmisión de calor o incluso para sellar el paso del agua y del

oxígeno, establecimiento de distancias mínimas de seguridad entre equipos con material inflamable y áreas vulnerables...

Las medidas de detección, prevención y extinción de incendios se describirán en el apartado de medios de protección contra incendios.

5.4.3. Riesgo de fuga

Un derrame o fuga de un producto químico peligroso es un suceso que puede dar lugar a consecuencias graves para las personas, instalaciones y el medio ambiente, debido a la posibilidad de que se produzcan mezclas de productos químicos incompatibles, incendios o a una posible extensión del producto por la planta si no se confina correctamente.

Los derrames y fugas pueden producirse por:

- Inadecuado uso de los recipientes.

El uso inadecuado de los recipientes puede dar lugar a la liberación descontrolada del producto químico. Éste es uno de los factores de riesgo más comunes de derrames y fugas en instalaciones industriales. Recipientes envejecidos, oxidados, deformados, inadecuados al producto químico contenido, pueden fácilmente, ser causa de derrames por rotura.

- Manipulación incorrecta.

Manejo incorrecto de las válvulas de botellas y botellones de gases, grado de llenado inadecuado de recipientes, trasvases o reacciones descontroladas entre sustancias incompatibles son algunos ejemplos de manipulaciones incorrectas.

- Instalaciones deficientes.

Instalaciones no revisadas, equipos y elementos de control inadecuados o inexistentes, no disponer de cubetos o redes de drenajes en lugar seguro y señalización deficiente son también factores de riesgo.

Las medidas preventivas que se han adoptado con el objetivo de minimizar el riesgo de fugas o derrames han sido: distribución de la planta estableciendo las distancias mínimas requeridas entre tanques, recipientes y demás instalaciones, empleo de sistemas de venteo en los tanques y equipos que contengan sustancias inflamables, instalación de cubetos de retención para evitar posibles derrames... Tanto los cubetos como los sistemas de venteo dispondrán de medios para su conducción hacia zonas seguras para su disposición final o tratamiento.

5.5. SEGURIDAD EN LAS INSTALACIONES DE SERVICIOS

5.5.1. Fenómenos de corrosión e incrustación

En las instalaciones industriales, y más concretamente en las áreas de servicios en las que se disponen de torres de refrigeración y calderas, es frecuente que se produzcan problemas de incrustación, corrosión y contaminación biológica derivados de las características del agua.

Sobre la superficie de los equipos o canalizaciones es frecuente que se produzcan depósitos, sedimentos o precipitados, si estos depósitos son duros y adherentes y están formados por componentes inorgánicos presentes en el agua, se denominan incrustaciones. Los principales problemas debidos a las incrustaciones y demás depósitos son la reducción del diámetro de las tuberías, la disminución de la transferencia de calor, el origen de corrosiones localizadas y en general un aumento de los costes de mantenimiento de las instalaciones. Existen algunas excepciones, como en el caso de las películas de carbonato cálcico que se forman en las redes municipales de agua, en este caso la incrustación resulta favorable ya que ayuda a proteger de la corrosión a las tuberías de suministro.

Otro fenómeno asociado a las instalaciones de servicios es el de la corrosión. Se entiende por corrosión, la destrucción o deterioración de un material por reacción química o electroquímica con su entorno. Los principales compuestos corrosivos presentes en la planta son el ácido acético, el ácido clorhídrico y el catalizador de la reacción formado por cloruro de cobre y paladio. La corrosión puede afectar a la seguridad del proceso, puesto que influye en el aumento del riesgo de fuga, así como al aumento de los costes de producción, debido a la reposición de material deteriorado y a las interrupciones que esto implique.

En función de la composición del agua y de los parámetros de diseño del sistema de refrigeración, se escogerán los inhibidores de incrustación y corrosión adecuados para realizar los procesos de limpieza y tratamiento de las instalaciones.

5.5.2. LEGIONELOSIS

Los fenómenos de contaminación biológica se aprecian fundamentalmente en los sistemas de refrigeración, que proporcionan un medio favorable para el desarrollo de muchos microorganismos, especialmente bacterias, algas y hongos. El crecimiento biológico puede producir corrosiones graves en el metal e incluso perforaciones, aunque los mayores peligros residen en el desarrollo de infecciones como la legionelosis.

La legionelosis es una infección causada por la bacteria *Legionella pneumophila*. Este tipo de bacterias pueden encontrarse en diversos sistemas de agua, aunque su proliferación aumenta considerablemente en las aguas calientes y estancadas, como las de ciertos sistemas de conducción de agua y tanques de agua caliente, torres de refrigeración y evaporadores condensativos o sistemas de agua caliente sanitaria con acumulador y circuito de retorno.

La legionelosis puede presentarse como una neumonía típica o como una enfermedad febril sin focalización pulmonar, denominada Fiebre de Pontiac. Se manifiesta de forma esporádica o como brotes epidémicos cuando una instalación dispone de algún sistema que produzca aerosoles y las gotas de agua que contienen la bacteria son inhaladas. Esta infección puede dar lugar a complicaciones pulmonares, sus síntomas son fatiga, dificultad para respirar y en ocasiones diarrea o dolores musculares.

La legislación española relativa a esta infección se recoge en el Real Decreto 865/2003, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. En Cataluña existe una legislación específica al respecto, el Decreto 352/2004, cuyo objetivo es la prevención y control de la legionelosis mediante la adopción de medidas higiénico-sanitarias en aquellas instalaciones en las que la legionela es capaz de proliferar y diseminarse.

A efectos del Decreto 352/2004, los titulares y las empresas instaladoras de torres de refrigeración y condensadores evaporativos están obligados a notificar a la administración sanitaria competente, en el plazo de un mes desde su puesta en funcionamiento, el número y características técnicas de las mismas, así como las

modificaciones que afectan al sistema. El mismo plazo se establece para la notificación del cese definitivo de la actividad de la instalación.

Las medidas preventivas que se han de llevar a cabo para evitar posibles focos de legionela, se basan principalmente en la eliminación o reducción de zonas sucias, mediante un buen diseño y el mantenimiento de las instalaciones, y en evitar las condiciones que favorecen la supervivencia y multiplicación de la bacteria, mediante el control de la temperatura del agua y la desinfección continua de la misma

Las medidas preventivas establecidas por el Decreto 352/2004 se aplicarán en la fase de diseño de nuevas instalaciones y en las modificaciones y reformas de las existentes. A continuación se enumeran las características que han de cumplir las torres de refrigeración y sistemas análogos, así como la instalación interior de agua de consumo humano.

5.5.2.1. Torres de refrigeración y sistemas análogos

-Deberán estar ubicadas en lugares alejados tanto de las personas como de las tomas de aire acondicionado o de ventilación, de manera que se reduzca al mínimo el riesgo de exposición de las personas a los aerosoles.

-Existirán suficientes puntos de purga para vaciar completamente la instalación y estarán dimensionados para permitir la eliminación de los sedimentos acumulados.

-Deberán disponer de sistemas separadores de gotas de alta eficiencia cuyo caudal de agua arrastrado será menor del 0,05 % del caudal de agua circulante.

-Deberán disponer de sistemas de dosificación en continuo del biocida.

5.5.2.2. Instalación interior de agua de consumo humano

-Se deberá mantener una correcta circulación del agua, evitando su estancamiento, así como disponer de suficientes puntos de purga para vaciar completamente la instalación, permitiendo la eliminación completa de los sedimentos.

-Será necesario mantener la temperatura del agua en el circuito de agua fría lo más baja posible, para lo cual las tuberías estarán suficientemente alejadas de las de agua caliente o en su defecto aisladas térmicamente.

-Se garantizar que, si la instalación interior de agua fría de consumo humano dispone de depósitos, éstos estén tapados con una cubierta impermeable que ajuste perfectamente y que permita el acceso al interior. Si se encuentran situados al aire libre estarán térmicamente aislados. Si se utiliza cloro como desinfectante, se añadirá, si es necesario, al depósito mediante dosificadores automáticos.

-Será necesario asegurar, en toda el agua almacenada en los acumuladores de agua caliente finales, una temperatura homogénea y evitar el enfriamiento de zonas interiores que propicien la formación y proliferación de la flora bacteriana.

-Se deberá de disponer de un sistema de válvulas de retención, que eviten retornos de agua por pérdida de presión o disminución del caudal suministrado, para evitar mezclas de agua de diferentes circuitos, calidades o usos.

-Se mantendrá la temperatura del agua, en el circuito de agua caliente, por encima de 50 °C en el punto más alejado del circuito o en la tubería de retorno al acumulador.

Los materiales constitutivos del circuito hidráulico, tanto para las torres de refrigeración y análogos como para la instalación de agua de consumo humano, deberán resistir la acción agresiva del agua y del cloro u otros desinfectantes, con el fin de evitar los fenómenos de corrosión. Se evitarán los materiales que favorecen el desarrollo de bacterias y hongos como el cuero, madera, fibrocemento, hormigón o los derivados de celulosa. Además, los equipos y aparatos deberán ser fácilmente accesibles para su inspección, limpieza, desinfección y toma de muestras.

5.5.2.3. Métodos de tratamiento de las instalaciones.

Se podrán emplear numerosos procedimientos de desinfección como los sistemas físicos, que son aquellos basados en la aplicación de equipos de filtración adecuados para la retención de bacterias, aplicación de radiación ultravioleta, aumento de la temperatura o cualquier otro sistema utilizado con el fin de retener o destruir la

carga bacteriológica del agua sin introducir productos químicos ni aplicar procedimientos electroquímicos. También se podrán emplear sistemas físico-químicos, que destruyen la carga bacteriológica del agua mediante la aplicación de procedimientos electroquímicos.

De entre los tratamientos más comunes para reducir el desarrollo y la proliferación de la legionella, se encuentra el empleo de biocidas. Estas sustancias químicas se emplearán para eliminar o reducir la acción de la bacteria y podrán ser de dos tipos. Los biocidas oxidantes como el cloro y el bromo, que provocan la muerte de los microorganismos por oxidación de la materia orgánica y los no oxidantes que interfieren en el metabolismo celular y/o en su estructura. Se emplearán preferentemente, los biocidas no oxidantes puesto que son más estables y persistentes que los primeros, su actividad es independiente del pH y no incentivan la corrosión.

5.6. PLAN DE EMERGENCIA INTERIOR

A pesar de la aplicación de medidas de prevención de riesgos en cualquier instalación industrial, no es posible reducir a cero el riesgo de que ocurra un accidente grave. El Real Decreto 948/2005, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, considera accidente grave a cualquier suceso, tal como una emisión en forma de fuga o vertido, incendio o explosión importantes, que sea consecuencia de un proceso no controlado durante el funcionamiento de un establecimiento industrial, que suponga una situación de grave riesgo, inmediato o diferido, para las personas, los bienes y el medio ambiente, bien sea en el interior o exterior del establecimiento, y en el que estén implicadas una o varias sustancias peligrosas.

Sea cual sea el nivel de riesgo que se considere aceptable, existirá una probabilidad finita de que ocurra un fallo con consecuencias potencialmente graves para las personas, el medioambiente o las instalaciones. Para que estas consecuencias sean mínimas, es necesario desarrollar planes de emergencia interiores y exteriores, que permitan en caso de un accidente mayor la identificación de los riesgos, la predicción de sus consecuencias más probables, la incorporación de medidas de seguridad y la protección de la integridad de los posibles afectados.

La legislación europea sobre prevención de accidentes graves o mayores en actividades industriales se inicia en 1982 con la Directiva 82/501/CEE, conocida como Directiva Seveso I. Esta normativa surge a raíz del accidente ocurrido en Seveso (Italia), por un escape de dioxina, y tiene como objetivo regular la declaración de los riesgos por parte de las industrias, el desarrollo de planes de emergencia, tanto internos como externos, y la creación de organismos de coordinación para casos de emergencia.

Puesto que España en esa época todavía no pertenecía a la Unión Europea, incorpora esta directiva a su legislación con unos años de retraso, y lo hace con el Real Decreto 886 en el año 1988. Posteriormente, la normativa Seveso sufre una serie de enmiendas que se incorporan al ordenamiento jurídico español mediante los Reales Decretos 886/1988 y 952/1990.

En base a la experiencia obtenida tanto en la aplicación de las primeras normativas como en el análisis de los cerca de 130 accidentes ocurridos en ese período en la Unión Europea (Bhopal, India) en 1996 se aprueba la directiva Seveso II (96/82/CE), la cual amplia el ámbito de aplicación e incluye algunos aspectos ausentes en la normativa original. Entre otras novedades, plantea la necesidad de tener en cuenta la ubicación de las instalaciones en la planificación urbanística, incorpora en el ámbito de aplicación sustancias peligrosas para el medio ambiente y cancerígenas y obliga a determinar aquellos casos en los que la probabilidad de las consecuencias de un accidente se pueden ver incrementadas por la proximidad de establecimientos (efecto dominó).

La Directiva Seveso II se ha transpuesto a la legislación española a través del Real Decreto 1254/1999, posteriormente modificado por el Real Decreto 119/2005. En Cataluña, donde hay ubicados más de 145 establecimientos afectados por la legislación de accidentes graves, el Real Decreto 1254/1999 está desarrollado por el Decreto 174/2001.

5.6.1. Objetivos del Plan de Emergencia Interior

Los principales objetivos que deberá cumplir un plan de emergencia interior son:

- Determinar el tipo de accidentes que pueden desencadenar en una situación de emergencia.
- Determinar las respuestas necesarias a los distintos tipos de emergencias posibles a fin de estar preparado para afrontarlas.
- Garantizar una correcta organización y unas vías de comunicación adecuadas para que puedan tomarse decisiones de modo ordenado durante la emergencia.
- Establecer mecanismos necesarios para mantener al día el plan.
- Establecer la formación y simulacros necesarios.

El plan de emergencia interior es el resultado de un trabajo interdisciplinar, en él deberán de participar representantes de todos los departamentos afectados. Estará constituido esencialmente por organigramas, diagramas de flujo y documentos en el

que se recojan de un modo simple y estructurado las actuaciones concretas y los procedimientos de actuación previstos en el interior del establecimiento industrial en caso de accidente.

5.6.2. Etapas de elaboración del Plan de Emergencia Interior

Un plan de emergencia deberá realizarse de un modo ordenado, recorriendo paso a paso todas las etapas que van desde la detección del accidente hasta la conclusión de la situación de emergencia. Para la elaboración de dicho plan, deberán seguirse tres etapas fundamentales:

5.6.2.1. Recogida y análisis de información

El objetivo de esta fase es identificar y evaluar los riesgos existentes y los recursos humanos y materiales necesarios para abordar una situación de emergencia. Como ya se ha descrito anteriormente los principales riesgos de la planta serán la fuga o derrame de productos, el incendio y la explosión. La probabilidad de ocurrencia y la gravedad de las consecuencias pueden estimarse para cada evento concreto mediante técnicas de análisis y evaluación de riesgos. Para analizar cada evento se emplearán métodos comparativos (códigos de diseño y buenas prácticas, listas de comprobación, datos específicos de fallo de equipos y componentes, análisis históricos de incidentes) o métodos generalizados basados en índices de riesgo, análisis de árbol de fallos y de sucesos, análisis general de desviaciones, análisis de riesgo y operabilidad (HAZOP)....

5.6.2.2. Determinación de las actuaciones en caso de emergencia.

A partir de los datos analizados en la primera etapa, considerando las posibles emergencias y sus consecuencias potenciales, se realizará una planificación de las acciones a llevar a cabo en cada caso así como la determinación de los recursos humanos y materiales que serían necesarios para actuar frente a ellas. En esta etapa

se llevará a cabo la asignación de las diversas funciones y responsabilidades, se establecerán los distintos niveles de emergencia y la forma en la que deberán de ser comunicados y se decidirá el plan de actuación y coordinación con las autoridades en caso de activación del plan de emergencia externo.

5.6.2.3. Preparación del plan de emergencia

En la tercera etapa de elaboración del plan de emergencia interno, se recopilará la información obtenida en las fases anteriores con el objetivo de crear un documento en el que se recoja toda la información necesaria. Dicha información se presentará de modo que su consulta se pueda realizar de una forma rápida en caso de que se produzca una situación de emergencia. La ordenación y estructuración del plan debe seguir la lógica de la persona que lo va a usar. Por ello es conveniente esquematizar siempre que sea posible la toma de decisiones a base de diagramas de flujo, organigramas y tablas.

5.6.3. Elementos de un plan de emergencia

Los elementos que deben ser contemplados en todo plan de emergencia son los siguientes:

5.6.3.1. Organización y recursos

Para que la respuesta en caso de emergencia sea efectiva es necesario contar con los medios humanos y materiales necesarios. Los recursos materiales necesarios pueden dividirse en dos grandes grupos: equipos e instalaciones para coordinación y comunicaciones y equipos para la mitigación de las consecuencias. Dentro del primer grupo se encuentran los centros de coordinación de la emergencia. Estos centros deben de disponer fundamentalmente de: toda la documentación del plan de emergencia, los números de teléfono y direcciones de todo el personal de la planta que necesite estar localizado así como los números, números de teléfono de las

autoridades, instituciones, cuerpo de bomberos y hospitales de la zona... También dispondrán de todos los medios necesarios para facilitar la comunicación tanto al interior como al exterior de la planta. Dentro de los equipos para la mitigación de las consecuencias se dispondrá de: equipos para la lucha contraincendios (extintores, detectores de humo, hidrantes...), equipos para el control de fugas como los cubetos de contención, equipos de protección personal...

En cuanto a la organización de la emergencia existirá una cadena de mando claramente definida, para que la toma de decisiones sea organizada y coherente. Al mayor responsable de la coordinación se le denomina mando de la emergencia y es el encargado de coordinar todos los recursos así como de dirigir las comunicaciones e intercambios de información con las autoridades. Será el encargado de determinar en cada momento el nivel de alarma, tomando las decisiones de máximo nivel como evacuación, solicitud de ayuda exterior o aviso a las autoridades. El mando de la emergencia suele ser el director de la planta.

5.6.3.2. Procedimientos para la evaluación de la gravedad de los accidentes

Inmediatamente después de la detección de un accidente, debe evaluarse la magnitud de las posibles consecuencias y decidir qué tipo de actuaciones deben de ponerse en marcha. Generalmente se definen tres niveles de emergencia para facilitar que diferentes evaluadores juzguen la emergencia de la misma manera. La lista de niveles debe de ir acompañada en cada caso de guías o normas que permitan seleccionar en cada caso, con la mínima imprecisión, cuál es el nivel que corresponde. La alerta es el primer nivel de emergencia y se asocia a aquellos accidentes o incidentes q pueden controlarse con los medios disponibles internamente y cuyos efectos probables sobre las zonas circundantes sean pequeños o inexistentes. El segundo nivel es la emergencia en planta y el tercero la emergencia general, ésta implica la activación del plan de emergencia exterior.

5.6.3.3. Procedimientos de comunicación y notificación de la emergencia

Dentro de los procedimientos empleados para comunicar e informar de que se está produciendo una emergencia el más usual se basa en el empleo de sirenas. El grado de emergencia se da a conocer mediante distintos sonidos, por lo que es necesario que todo el personal conozca el significado de cada señal y la forma de actuación ante cada una de ellas. Suelen emplearse tres sonidos correspondientes a tres mensajes: alerta, emergencia y fin de la emergencia.

Se deberá de informar de inmediato al órgano competente de la Comunidad Autónoma sobre accidentes mayores que se originen en el término municipal, así como de cualquier incidente que pudiera dar lugar a su desencadenamiento,

5.6.3.4. Actuaciones durante la emergencia

El plan debe contener todas las estrategias previsibles de respuesta durante la emergencia, de modo que pueda guiar las decisiones de los coordinadores de un modo efectivo. En primer lugar se realizarán acciones preventivas, con el objetivo de minimizar las consecuencias del accidente. Éstas van a depender de la situación concreta de la emergencia y del tipo de productos manejados. Posteriormente a la finalización de la emergencia, se aplicarán acciones correctivas como la limpieza la descontaminación y la restauración del entorno.

5.6.3.5. Simulacros y mantenimiento del plan al día

Es fundamental que todo el personal de la planta conozca, o al menos en la parte que le afecte, el plan de emergencia. La única manera de conseguir que todo el personal actúe correctamente bajo circunstancias de incertidumbre, incluso pánico, es a través de simulacros y entrenamiento.

Las instalaciones deben de ser sometidas a revisiones de mantenimiento periódicas. Para asegurar el buen funcionamiento de los sistemas de alarma es necesario hacer pruebas frecuentes normalmente semanales, los extintores de

incendios se inspeccionarán cada tres meses, las bombas del sistema de abastecimiento de agua contra incendios se revisarán anualmente...

La confección del Plan de Emergencia Exterior, así como la coordinación de las distintas fuerzas de intervención, es competencia de la autoridad competente en materia de protección civil de la comunidad autónoma en la que se encuentre el establecimiento afectado y será homologado por la Dirección General de Protección Civil.

5.7. PROTECCIÓN CONTRAINCENDIOS

5.7.1. Introducción

Uno de los aspectos fundamentales a tener en cuenta a la hora de establecer condiciones de seguridad de una planta química es la protección contra incendios. Las condiciones y requisitos que deben satisfacer los establecimientos industriales, en relación con su seguridad contra incendios, se definen en el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, aprobado mediante el Real Decreto 2267/2004.

Este reglamento tiene por objeto establecer y concretar los requisitos que deben satisfacer y las condiciones que deben cumplir los establecimientos e instalaciones de uso industrial para su seguridad en caso de incendio, para prevenir su aparición y para dar la respuesta adecuada, en caso de producirse, limitar su propagación y posibilitar su extinción, con el fin de anular o reducir los daños o pérdidas que el incendio pueda ocasionar a personas o bienes.

Las actividades de prevención del incendio constituyen la primera barrera de seguridad ante la presencia de fuego y tienen como finalidad reducir el riesgo de que éste se produzca así como limitar las circunstancias que pueden desencadenar el incendio. Las actividades de respuesta al incendio tendrán como finalidad controlar o luchar contra el incendio, para extinguirlo, y minimizar los daños o pérdidas que pueda generar.

Puesto que en el establecimiento industrial que se está analizando se dispone de almacenamientos de productos inflamables y de productos almacenados en tanques criogénicos, se aplicarán con carácter complementario al Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, las Instrucciones técnicas complementarias MIE APQ-1 y la MIE-APQ-10.

Puesto que en la instalación coexisten con la actividad industrial otros usos como los presentes en el área de oficinas y laboratorios, además del Real Decreto 2267/2004, se deberán de cumplir las exigencias que establece el código técnico de edificación (CTE) 'Seguridad en caso de incendio' (SI). El Código Técnico de Edificación es aprobado mediante el Real Decreto 314/2006 y modificado

posteriormente en materia de protección contra el ruido y accesibilidad en los Reales Decretos 1371/2007 y 173/2010 respectivamente.

El CTE establece las exigencias básicas que deben de cumplir tanto los edificios como sus instalaciones en materia de seguridad contra incendios, ahorro de energía, protección contra el ruido y seguridad en la edificación con el fin de hacer unas edificaciones más seguras para las personas y más respetuosas con el medio ambiente.

5.7.2. Caracterización de los establecimientos industriales por su configuración y ubicación.

Las condiciones y requisitos que deben satisfacer los establecimientos industriales, en relación con su seguridad contra incendios, estarán determinados por su configuración y ubicación con relación a su entorno y a su nivel de riesgo intrínseco, fijados según se establece en el anexo I del Real Decreto 2267/2004. A efectos de esta normativa, se considera establecimiento a el conjunto de edificios, edificio, zona de éste, instalación o espacio abierto de uso industrial o almacén destinado a ser utilizado bajo una titularidad diferenciada y cuyo proyecto de construcción o reforma, así como el inicio de la actividad prevista, sea objeto de control administrativo.

Los establecimientos industriales ubicados en un edificio, en función de su configuración se clasifican en:

Establecimientos tipo A: establecimiento industrial que ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos, ya sean estos de uso industrial o de otros usos.

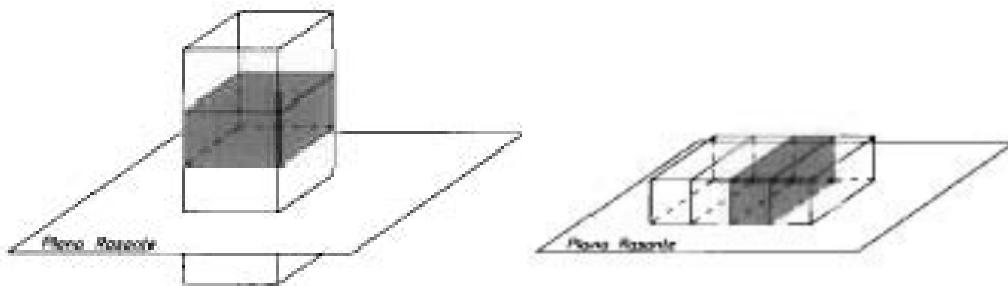


Figura 5.10: Configuración de los establecimientos tipo A en vertical y horizontal respectivamente.

Establecimientos tipo B: establecimiento industrial el cual ocupa totalmente un edificio que está adosado a otro u otros edificios, o a una distancia igual o inferior a tres metros de otro u otros edificios, de otro establecimiento, ya sean estos de uso industrial o bien de otros usos.

Para establecimientos industriales que ocupen una nave adosada con estructura compartida con las contiguas, que en todo caso deberán tener cubierta independiente, se admitirá el cumplimiento de las exigencias correspondientes al tipo B, siempre que se justifique técnicamente que el posible colapso de la estructura no afecte a las naves colindantes.

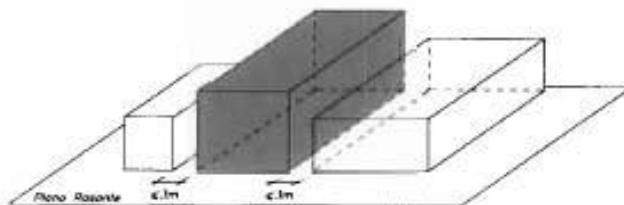


Figura 5.11: Configuración de los establecimientos tipo B.

Establecimiento tipo C: establecimiento industrial que ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.

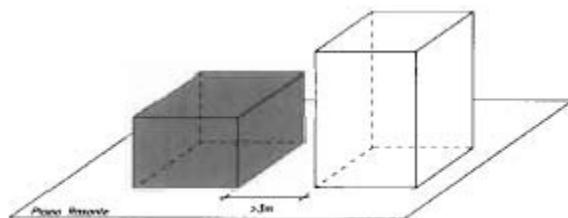


Figura 5.12: Configuración de los establecimientos tipo C.

Para establecimientos industriales de tipo A, B y C se considera sector de incendio al espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso

Los establecimientos industriales que desarrollan su actividad en espacios abiertos que no constituyen un edificio, en función de su configuración se clasifican en:

Establecimiento tipo D: establecimiento industrial que ocupa un espacio abierto, que puede estar totalmente cubierto, alguna de cuyas fachadas carece totalmente de cerramiento lateral.

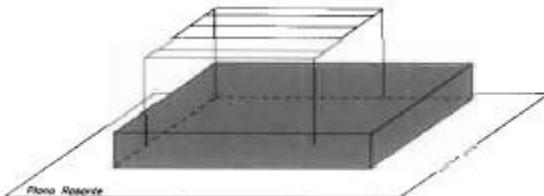


Figura 5.13: Configuración de los establecimientos tipo D.

Establecimiento tipo E: el establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede estar parcialmente cubierto (hasta un 50 % de su superficie), alguna de cuyas fachadas en la parte cubierta carece totalmente de cerramiento lateral.

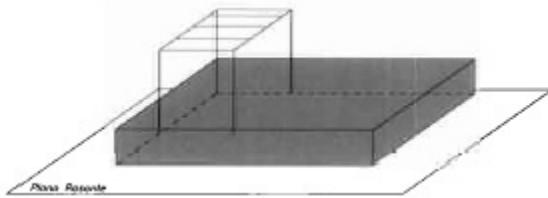


Figura 5.14: Configuración de los establecimientos tipo E.

En el caso de establecimientos del tipo D y E, se considera que la superficie que ocupan constituye un área de incendio abierta, definida solamente por su perímetro.

Los establecimientos industriales, en general, estarán constituidos por una o varias configuraciones de las mencionadas anteriormente.

5.7.3. Caracterización de los establecimientos industriales por su nivel de riesgo intrínseco.

Para determinar el nivel de riesgo intrínseco de cada sector o área de incendio será necesario calcular previamente la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida mediante la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{\sum_i G_i q_i C_i}{A} R_a$$

Donde:

Q_s es la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio (MJ/m^2) o Mcal/m^2 .

G_i es la masa, en kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio.

q_i es el poder calorífico, en MJ/kg o Mcal/m^2 , de cada uno de los combustibles que existen en el sector de incendio.

C_i es un coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

R_a es un coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio (producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento,...)

A es el área construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m^2 .

Los valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i , de cada combustible pueden deducirse de la tabla 5.9:

Tabla 5. 9: Valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i .

Valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad C_i		
Alta	Media	Baja
Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1	Líquidos clasificados como subclase B ₂ , en la ITC MIE-APQ1.	Líquidos clasificados como clase D, en la ITC MIE-APQ1
Líquidos clasificados como subclase B ₁ , en la ITC MIE-APQ1	Líquidos clasificados como clase C, en la ITC MIE-APQ1	
Sólidos capaces de iniciar su combustión a temperatura inferior a 100 °C	Sólidos que comienzan su ignición a temperatura comprendida entre 100 °C y 200 °C	Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200 °C
Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire	Sólidos que emiten gases inflamables	
Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire		
$C_i = 1,60$	$C_i = 1,30$	$C_i = 1,00$

Para los valores del poder calorífico q_i , de cada combustible, se han empleado las entalpías de combustión de cada sustancia presente en el área o sector de incendio en las condiciones de operación. En cuanto a los valores del coeficiente de peligrosidad por activación, R_a , se deducen de la tabla 1.2 del Anexo I del Real Decreto 2267/2004. Se emplearán los valores de R_a de 2 para las áreas o sectores que contengan productos químicos combustibles.

Para el caso de las áreas 500 y 600 correspondientes a oficinas, laboratorios y aparcamiento respectivamente se han empleado los valores de densidad de carga de fuego típicos presentes en la tabla B.6. del documento básico de seguridad en caso de incendio (DB-SI) que forma parte del código Técnico de Edificación, puesto que estas zonas no presentan acumulaciones de carga de fuego mayores que las propias del uso previsto.

Tras evaluar la densidad de carga de fuego ponderada y corregida, el nivel de riesgo intrínseco del sector o área de incendio se deduce de la tabla 5.10:

Tabla 5.10: Clasificación del nivel de riesgo intrínseco en función de la carga de fuego ponderada y corregida.

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m ²	MJ/m ²
Bajo	1	$Q_S \leq 100$	$Q_S \leq 425$
	2	$100 < Q_S \leq 200$	$425 < Q_S \leq 850$
Medio	3	$200 < Q_S \leq 300$	$850 < Q_S \leq 1.275$
	4	$300 < Q_S \leq 400$	$1.275 < Q_S \leq 1.700$
Alto	5	$400 < Q_S \leq 800$	$1.700 < Q_S \leq 3.400$
	6	$800 < Q_S \leq 1.600$	$3.400 < Q_S \leq 6.800$
	7	$1.600 < Q_S \leq 3.200$	$6.800 < Q_S \leq 13.600$
	8	$3.200 < Q_S$	$13.600 < Q_S$

A continuación, se muestran los niveles de riesgo obtenidos para cada área de la instalación industrial en función de la densidad de carga de fuego ponderada y corregida obtenida:

Tabla 5.11: Nivel de riesgo intrínseco de cada área de la instalación de producción de acetaldehído.

	TIPO ESTABLECIMIENTO	ÁREA (m ²)	NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO
100: Almacenamiento	E	769,68	Riesgo Alto(8)
200: Reacción	E	1168,02	Riesgo Alto (6)
300: Separación/Purificación	E	1686,84	Riesgo Alto (8)
400: Servicios	C	1257,18	Riesgo Bajo (1)
500: Oficinas y laboratorios	C	859,52	Riesgo Bajo (2)
600: Aparcamiento	E	4013,85	Riesgo Bajo(1)
700: Tratamiento de gases	E	629	Riesgo Bajo (1)
800: Tratamiento de aguas	E	1948,4	Riesgo Bajo (1)

5.7.4. Sistemas de protección contra incendios

Los sistemas de protección contra incendios se clasifican en dos grupos: sistemas o medidas de protección pasiva y sistemas de protección activa. Se consideran medidas pasivas a aquellas que afectan a la construcción del edificio, tanto en relación a facilitar la evacuación del recinto como materiales con estabilidad al fuego que permitan retardar y confinar la acción de éste evitando que se extienda a otras zonas. Las medidas de protección activa están destinadas a reducir las consecuencias de un incendio, implican una acción directa en función del orden cronológico de desencadenamiento del incendio (detección, alarma y extinción).

5.7.4.1. Sistemas automáticos de detección de incendios

Las instalaciones fijas de detección automática de incendios permiten su detección y localización, así como la puesta en marcha automática o semi-automática del plan de alarma. Opcionalmente pueden accionar los sistemas fijos de extinción de incendios. Estos sistemas detectan el fuego a través de algunos fenómenos que lo acompañan como es el caso de gases, humos, aumento de temperatura, radiación UV, visible o infrarroja. Entre las ventajas de estos sistemas destaca la posibilidad de vigilar permanentemente zonas inaccesibles a la detección humana así como su gran rapidez.

No será necesario disponer de sistemas automáticos de detección de incendios, puesto que las características de las áreas y sectores de incendio de la instalación industrial no cumplen con los requisitos establecidos por el Anexo III del Real Decreto 2267/2004.

5.7.4.2. Sistemas manuales de alarma de incendio

La instalación de pulsadores de alarma tiene como finalidad la transmisión de una señal a un puesto de control, centralizado y perfectamente vigilado, de forma tal que resulte localizable la zona del pulsador que ha sido activado y puedan ser tomadas las medidas pertinentes. Los pulsadores estarán provistos de dispositivo de protección que impida su activación involuntaria.

Será necesaria la instalación sistemas manuales de alarma en todas las áreas de la planta según lo establecido en el Anexo III del Real Decreto 2267/2004. Los pulsadores habrán de ser fácilmente visibles y la distancia a recorrer desde cualquier punto de un edificio protegido por la instalación de pulsadores hasta alcanzar el pulsador más próximo, habrá de ser inferior a 25 metros.

5.7.4.3. Sistemas de comunicación de alarma

Los sistemas de comunicación de alarma tienen como finalidad la transmisión, generalmente desde un puesto de control centralizado y permanentemente vigilado, de una señal que permita el conocimiento de la existencia de un incendio por parte de los ocupantes. El puesto de control de esta instalación estará asociado a la instalación de Pulsadores de alarma, así como a las de detección y extinción automática.

Las señales serán acústicas en todo caso y además visuales cuando así se requiera por las características del edificio o de los ocupantes del mismo. El plan de emergencia contra incendios contemplará la forma de utilización de estos sistemas, así como de la existencia de varios niveles de alarma en función de la gravedad de la emergencia. La instalación de alerta podrá considerarse sustituida por la de

megafonía, cuando ésta exista y pueda cumplir todos los requisitos establecidos para aquella.

Puesto que la suma de la superficie construida de todos los sectores de incendio de la planta es superior a los 10000 m² que establece la normativa, será necesario disponer de sistemas de comunicación de alarma en todos los sectores de incendio de la instalación.

5.7.4.4. Sistemas de abastecimiento de agua contraincendios

Los Sistemas de Abastecimiento de Agua son aquellos que proveen agua para los sistemas de protección contra incendios. Estos sistemas están compuestos por fuentes de alimentación de agua, sistemas de impulsión y red general de incendios que conduzca el agua desde las fuentes de alimentación hasta los medios de extinción. Se instalarán cuando sea necesario para dar servicio, en las condiciones de caudal, presión y reserva calculados, a uno o varios sistemas de lucha contra incendios, tales como bocas de incendio equipadas, red de hidrantes exteriores, rociadores automáticos, agua pulverizada o espuma.

a) Boca de Incendio Equipada (BIE)

La Boca de Incendio Equipada, es un equipo completo de protección y lucha contra incendios, que se instala de forma fija y está conectado a la red de abastecimiento de agua. Estos dispositivos constan de los siguientes elementos: armario, soporte de la manguera, válvula, manómetro, racores, mangueras y lanzas. En función de su tamaño se clasifican en bocas de 25 mm o 45 mm.



Figura 5.15: Boca de incendio equipada.

Las bocas de incendio equipadas deberán situarse sobre un soporte rígido, de forma que el centro quede como máximo a una altura de 1,5 m con relación al suelo, preferentemente cerca de las puertas o salidas y a una distancia máxima de 5 m respecto de las mismas, teniendo en cuenta que no deberán constituir obstáculo para la utilización de dichas puertas.

La separación máxima entre cada boca de incendio equipada y su más cercana será de 50 m y la distancia desde cualquier punto de un local protegido hasta la boca de incendio equipada más próxima no deberá exceder de 25 m.

La toma de agua se hará a partir de la red general de distribución y la red de tuberías deberá ser de uso exclusivo para las instalaciones de protección contra incendios. La presión dinámica en punta de lanza será como mínimo de 2,0 Kg/cm.

Según el R.D. 2267/2004 de protección contra incendios en establecimientos industriales y teniendo en cuenta las áreas de los sectores, el nivel de riesgo intrínseco y el tipo de establecimiento industrial, no será necesaria la instalación de BIEs en la planta de producción de acetaldehído.

b) Hidrantes exteriores

Los Hidrantes son tomas de agua no equipadas que permiten a los servicios públicos de extinción que conecten sus mangueras. Estos dispositivos constan de los tres elementos: cuerpo del hidrante, boca de conexión y válvula.

Los hidrantes exteriores serán del tipo de columna hidrante al exterior (C.H.E.) o hidrante de arqueta (boca hidrante). Los hidrantes exteriores están compuestos por una fuente de alimentación de agua, una red de tuberías para agua de alimentación y los hidrantes exteriores necesarios. Cuando se prevean riesgos de heladas serán del tipo columna seca que se trata de una instalación de uso exclusivo para bomberos. Los hidrantes en arqueta o boca de hidrante están especialmente diseñados para instalaciones con problemas de espacio.



Figura 5.16: Hidrante exterior e hidrante en arqueta respectivamente.

El número de hidrantes exteriores que deben instalarse se determinará de modo que la zona protegida por cada uno de ellos sea la cubierta por un radio de 40 m, medidos horizontalmente desde el emplazamiento del hidrante. La distancia entre el emplazamiento de cada hidrante y el límite exterior del edificio o zona protegidos, medida perpendicularmente a la fachada, debe ser al menos de 5 m. Al menos uno de los hidrantes (situado, a ser posible, en la entrada) deberá tener una salida de 100 mm. Puesto que los hidrantes exteriores serán empleados por los servicios públicos de extinción de incendios, deberán de estar debidamente señalizados e instalados en lugares de fácil acceso.

Según lo establecido en el Anexo III del Real Decreto 2267/2004 se instalará un sistema de hidrantes exteriores si concurren las circunstancias que se reflejan en la siguiente tabla:

Tabla 5.12: Necesidad de hidrantes exteriores en función de la configuración, superficie y nivel de riesgo intrínseco de la zona de incendio.

Configuración de la zona de incendio	Superficie del sector o área de incendio (m ²)	Riesgo Intrínseco		
		Bajo	Medio	Alto
A	≥ 300	NO	Sí	
	≥ 1000	Sí*	Sí	
B	≥ 1000	NO	NO	Sí
	≥ 2500	NO	Sí	Sí
C	≥ 3500	Sí	Sí	Sí
	≥ 2000	NO	NO	Sí
D o E	≥ 3500	NO	Sí	Sí
	≥ 5000		Sí	Sí
	≥ 15000	Sí	Sí	Sí

Analizando, basándose en la normativa, las configuraciones de las distintas áreas y sectores de incendio de la planta, sus superficies construidas y su nivel de riesgo intrínseco se puede concluir que no es necesaria la instalación de hidrantes exteriores. Pero teniendo en cuenta que la planta de producción de acetaldehído dispone de productos altamente inflamables, como es el caso del etileno y el acetaldehído, se ha decidido que para minimizar las consecuencias de un posible incendio y obtener un mayor grado de seguridad se instalarán hidrantes exteriores.

Ajustándose a las prescripciones de las Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-MIE-APQ-1, referida al almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles, y la ITC-MIE-APQ-10, relativa a depósitos criogénicos, el área de almacenamiento de etileno y acetaldehído deberá de disponer de una red contra incendios con abastecimiento y acometida exclusiva para este fin, por lo que se instalarán hidrantes exteriores. Para el almacenamiento de acetaldehído se deberá de disponer de un volumen de agua suficiente que aporte una completa protección de la zona durante un período mínimo de 3 horas. En el caso del etileno se deberá colocar una toma de agua con capacidad de 3L por minuto y metro cuadrado de depósito.

En la tabla 5.13 se muestra el número de hidrantes dispuestos en las diferentes áreas de la planta de producción de acetaldehído.

Tabla 5.13: Localización y número de hidrantes en la instalación industrial.

ÁREA	Nº DE HIDRANTES
100 :Almacenamiento	2
200 :Reacción	1
300 :Separación/Purificación	1
400 :Servicios	1
500 :Oficinas y laboratorios	1
600 :Aparcamiento	1
700 :Tratamiento de gases	0
800 :Tratamiento de aguas	1

c) Espuma

Dentro de los tipos de abastecimientos de agua contra incendios la espuma va dirigida fundamentalmente a extinguir fuegos causados por derrames de líquidos inflamables o combustibles o fuegos en depósitos o en zonas de difícil acceso. También pueden emplearse espumas para reducir o detener la producción de vapores inflamables procedentes de líquidos o sólidos que no arden así como para llenar cavidades o recintos donde puedan haberse acumulado gases tóxicos o inflamables. Las soluciones de espuma son conductoras y por lo tanto, no recomendables para fuegos eléctricos.

Las espumas como agente extintor consisten en una masa de burbujas llenas de gas que se forman a partir de soluciones acuosas de agentes espumantes de distintas fórmulas. La espuma flota sobre los líquidos inflamables o combustibles produciendo una capa continua de material acuoso que desplaza el aire, enfriá e impide el desprendimiento de vapor con la finalidad de detener o prevenir la combustión, este fenómeno es debido a las características físico-químicas de la espuma, ya que ésta es más ligera que la solución acuosa de la que se forma y más ligera que los líquidos inflamables o combustibles.

Según lo establecido por la Instrucción Técnica Complementaria ITC-APQ-1, referida a almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles, los tanques de almacenamiento de acetaldehído deberán de estar dotados de protección de incendios con espuma contra derrames. Puesto que los tanques instalados son de techo fijo se deberá suministrar un caudal mínimo de 4 litros por minuto por metro cuadrado de superficie. El caudal de agua-espumógeno necesario para el almacenamiento de acetaldehído será:

$$Q = 4 \frac{dm^3}{min \cdot m^2} \cdot 144,51 \frac{m^2}{tanque} \cdot \frac{60 min}{1 h} \cdot \frac{1 m^3}{10^3 dm^3} \cdot 5 tanques = 173,42 \frac{m^3}{h}$$

Como el tiempo mínimo de aplicación deberá ser de 55 minutos, el volumen necesario de agua-espumógeno será:

$$V = 173,42 \frac{m^3}{h} \cdot 55 min \cdot \frac{1h}{60 min} = 158,96 m^3$$

Para la protección de incendios de derrames en cubetos deberá contarse con generadores de espuma de un caudal unitario 11,4 m³/h. Para cubrir este requerimiento deberá de disponerse de un generador con un tiempo mínimo de aplicación de 20 minutos, según lo establecido en el apartado 3.3 del capítulo IV de la ITC-APQ-1. Por lo tanto, el volumen de agua-espumógeno necesario para proteger de derrames el cubeto de acetaldehído será:

$$V = 11,4 \frac{m^3}{h} \cdot \frac{1 h}{60 min} \cdot 20 min = 3,8 m^3$$

5.7.4.5. Extintores

La eficacia de un extintor en un fuego en particular depende del tamaño del incendio y de la cantidad y tipo de agente que contenga el extintor. Diferentes agentes extinguidores pueden ser utilizados para apagar diferentes clases de fuegos. La elección del extintor se realiza teniendo en cuenta el tipo de fuego. Se catalogan los tipos de fuegos según los materiales que intervengan en la combustión, asignándoles

letras a diferentes grupos para establecer qué agentes extintores serán los indicados para combatirlo.

- *Fuegos Clase A:* son aquellos que se producen en combustibles sólidos que producen brasas. Se debe utilizar agua a presión, espuma o extintores con polvo químico seco o multi-uso.
- *Fuegos Clase B:* son aquellos que involucran líquidos inflamables o combustibles, tales como gasolina, queroseno, pintura, disolventes de pintura y gas propano. Estos tipos de fuegos deben ser apagados utilizando extintores de espuma, dióxido de carbono, polvo químico seco ordinarios o polvo químico seco de uso múltiple y de halón.
- *Fuegos Clase C:* son aquellos que involucran equipo eléctrico energizado, tales como aparatos eléctricos, interruptores, paneles y tableros de electricidad. Para sofocarlos se puede utilizar un extintor de dióxido de carbono, polvo químico seco ordinario, polvo químico seco de uso múltiple o uno de halón. Nunca debe utilizarse agua en fuegos eléctricos ya que existe el riesgo de un choque o descarga eléctrica.
- *Fuegos Clase D:* se trata de fuegos que involucran ciertos metales combustibles, tales como magnesio, titanio, potasio o sodio. Estos metales arden a temperaturas tan elevadas que permiten absorber el oxígeno de otros materiales haciendo posible la combustión. Estos fuegos pueden reaccionar violentamente con el agua u otros químicos y deben ser manejados con mucho cuidado. Sólo se deben utilizar los agentes extinguidores de polvo seco que estén especialmente diseñados para extinguir el material específicamente involucrado.

Los extintores tienen símbolos de códigos de colores en la placa frontal que muestran su clasificación (A-triángulo verde, B-cuadrado rojo, C-círculo azul, D-estrella amarilla). Algunos extintores están marcados con múltiples clasificaciones tales como AB, BC o ABC. Estos extintores pueden apagar más de una clase de fuego.

Además de los símbolos, los extintores tienen una clasificación numérica que en el caso de los extintores Clase A y B indica que tamaño de fuego puede ser combatido de manera segura. Los extintores Clase C tienen una letra de clasificación "C" que informa de que el agente extinguidor no es conductor de corriente eléctrica. Mientras que los de tipo D tienen sólo una letra de clasificación que indica su efectividad en ciertas cantidades de metales específicos.

En función de su movilidad, los extintores pueden clasificarse en portátiles y carros extintores, éstos últimos disponen de ruedas para facilitar su traslado y pesan más de 30 kilogramos.

Los extintores se ubicarán en sitios de fácil acceso y clara identificación, libres de cualquier obstáculo y estarán en condiciones de funcionamiento máximo. Se colocarán a una altura máxima de 1.30 metros, medidos desde el suelo hasta la base del extintor.

En la planta de producción de acetaldehído se emplearán extintores tipo ABC y se dispondrán conforme dicta la normativa, es decir, la distancia a recorrer horizontalmente desde cualquier punto al extintor más próximo no deberá ser mayor de 15 metros.

Según lo establecido por la Instrucción Técnica Reglamentaria ITC-APQ-10, en la instalación de almacenamiento de etileno deberá estar dotada de extintores en proporción de 10 Kg de polvo seco por cada tonelada de producto. Se dispondrán carros extintores de 100 kg de polvo seco en proporción a la masa de etileno presente.

5.7.4.6. Reserva de agua contra incendios

Cuando en una instalación de un establecimiento industrial coexisten varios sistemas de abastecimiento de agua contra incendios se calculará el caudal y la reserva de agua necesarios considerando la simultaneidad de operación mínima de estos equipos para el caso más desfavorable. En la planta de producción de acetaldehído el área que necesita disponer de una mayor cantidad de agua en caso de que se produjera un incendio es el área de almacenamiento, ya que dispone de un elevado volumen de sustancias inflamables.

El caudal mínimo exigible, según lo establecido por el apartado 6 del Anexo III del Real Decreto 2267/2004, en el área de almacenamiento, donde coexisten sistemas de hidrantes y espuma, será el necesario para el sistema que requiera mayor caudal.

El caudal de agua-espumógeno, como se ha mencionado en apartados anteriores, es de 173,42 m³/h. El caudal de agua necesario para proteger en caso de incendio los tanques de acetaldehído, teniendo en cuenta que se trata de un líquido inflamable de la clase B1, será de 0,90 m³/h por metro de perímetro de los recipientes, según lo establecido en la tabla IV.1. de la ITC-APQ-001. Por lo tanto, el caudal total del almacenamiento de acetaldehído será:

$$Q_{agua} = 5 \text{ tanques} \cdot 12,57 \text{ m} \cdot \frac{0,90 \text{ m}^3}{\text{h} \cdot \text{m}} = 56,57 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Para calcular el caudal de agua necesario para el almacenamiento de etileno se empleará la Instrucción Técnica Reglamentaria ITC-APQ-10, puesto que éste se encuentra almacenado en tanques criogénicos. Como el volumen total almacenado supera los 60000 L fijados por la normativa, se deberá colocar una toma de agua con capacidad de 3 L/ min por metro cuadrado de depósito. El caudal de agua necesario para el caso de los tanques de etileno será:

$$Q_{agua} = 8 \text{ tanques} \cdot 212,37 \text{ m}^2 \cdot \frac{3 \text{ dm}^3}{\text{min} \cdot \text{m}^2} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{10^3 \text{ dm}^3} = 305,81 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Tras el análisis de los datos obtenidos, se concluye que el sistema que requiere un mayor caudal de agua será el de hidrantes, con un caudal total de:

$$Q_{total} = 305,81 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} + 56,57 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 362,38 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

La reserva de agua mínima exigible será la necesaria para la instalación del sistema que requiera la mayor reserva de agua. Puesto que las capacidades de almacenamiento superan los 200 m³ para el caso del etileno y 500 m³ para el acetaldehído, deberá de disponerse de un volumen de agua suficiente durante un período mínimo de tres horas.

$$\text{Reserva de agua acetaldehído} = 56,57 \frac{m^3}{h} \cdot 3 h = 169,71 m^3$$

$$\text{Reserva de agua etileno} = 305,81 \frac{m^3}{h} \cdot 3 h = 917,43 m^3$$

Por lo tanto la reserva de agua total será:

$$\text{Reserva de agua total} = 169,71 m^3 + 917,43 m^3 = 1087,14 m^3$$

Para albergar la reserva total de agua se construirá una balsa de hormigón de forma circular de 8 m de radio con capacidad para 1200 m³ de agua. Además, la instalación industrial de producción de acetaldehído estará dotada de un sistema de bombeo capaz de impulsar el caudal total de 362,38 m³/h, resultante de determinar el caudal global requerido por varios sistemas de protección simultáneamente para el área de mayor demanda. Se ha escogido una bomba modelo Megablok/Etablok de la casa comercial KSB.

5.8. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)

La Directiva 89/656/CEE del Parlamento Europeo (cuyo artículo 10 ha sido modificado por la Directiva 2007/30/CE) establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual. El contenido de dicha directiva se ha transpuesto al Derecho español mediante el Real Decreto 773/1997. A efectos de este Real Decreto, se entiende por equipo de protección individual (EPI) 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 salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin. Quedan excluidos de esta definición:

- los equipos de los servicios de socorro y de salvamento,
- la ropa de trabajo corriente y los uniformes que no estén específicamente destinados a proteger la seguridad y la salud del trabajador,
- los equipos de protección individual de los medios de transporte por carretera,
- los aparatos portátiles para la detección y la señalización de los riesgos y de los factores de molestia.

Los equipos de protección individual deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o no puedan limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo. Estos equipos no eliminan el riesgo sino que sirven para adecuar al trabajador a las condiciones existentes en el lugar de trabajo, teniendo en cuenta las condiciones anatómicas y fisiológicas y el estado de salud del trabajador, así como su grado de exposición al riesgo.

Los equipos de protección individual se proporcionarán gratuitamente a los trabajadores y se les deberá informar, previamente al uso de los equipos, de los riesgos contra los que se protegen y de las actividades u ocasiones en las que deben utilizarse.

La elección del equipo de protección individual va a depender de la gravedad del riesgo, del tiempo o frecuencia de exposición al riesgo, de las condiciones del puesto de trabajo y de las prestaciones del propio equipo.

Existen nueve grandes tipos de EPI, que se clasifican en función de la parte del cuerpo que se pretenda proteger:

5.8.1. Protección craneal

Dentro de los equipos de protección craneal podemos encontrar cascos de seguridad (obras públicas y construcción, minas e industrias diversas), cascos de protección contra choques e impactos, prendas de protección para la cabeza (gorros, sombreros de tejido recubierto...) y cascos para usos especiales (ignífugos, específicos para determinados productos químicos, etc).

Para la instalación industrial que se está proyectando, se recomienda el uso de cascos de protección contra choques e impactos, que protejan al trabajador contra choques, golpes, caídas y contactos eléctricos. El material deberá ser no metálico, como polietileno o fibra de vidrio, y resistente al impacto mecánico. El peso aproximado del casco será de entre 300 y 400 gramos. Según la Orden Ministerial 9/3/71 deberán proteger de las descargas eléctricas hasta 17000V sin perforarse.

El uso del casco protector será obligatorio en toda la instalación a excepción de las áreas 500 y 600 correspondientes a oficinas y aparcamiento. Se dispondrá de una reserva de cascos para las visitas a la planta.

5.8.2. Protección auditiva

Se entiende por ruido todo sonido desagradable o no, que puede dañar el órgano de la audición, producir trastornos fisiológicos, psicológicos o perturbar significativamente el desarrollo de una actividad. Puesto que el oído humano carece de protección natural frente a las agresiones externas en forma de ruido es de vital importancia velar por la seguridad y salud de los trabajadores en este aspecto, para evitar que una exposición a niveles inadecuados provoque en éstos una disminución de las facultades auditivas o desencamine a largo plazo en una sordera permanente. El riesgo de deteriorar el oído se incrementa con el nivel de ruido y con el tiempo de permanencia en un ambiente ruidoso.

En el marco legal europeo la Directiva 2003/10/CE establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido), dicha directiva se transpone al derecho español mediante el Real Decreto 286/2006, el cual propone unos límites de exposición y una serie de medidas preventivas para proteger al trabajador frente al ruido en función del nivel sonoro medido en su puesto de trabajo.

Se establecerá un plan de prevención contra el ruido, que contemple las siguientes acciones: medición del ruido, limitación del ruido de las máquinas por medios físicos, protección con EPI cuando sea necesario y los controles médicos necesarios (audiometrías).

El primer paso para determinar en qué áreas será necesario emplear protectores acústicos se realizarán mediciones de todas aquellas zonas susceptibles de generar ruidos. Un sonido se caracteriza por dos magnitudes físicas: el nivel de intensidad que se mide en decibelios (dB) y la frecuencia o rapidez de vibración del instrumento emisor de ruidos. Para medir el nivel de ruido se utilizan dos tipos de aparatos, el sonómetro, que mide el ruido en decibelios (dB), que es una unidad especial que tiene en cuenta simultáneamente el nivel de decibelios y el contenido de frecuencias; y el dosímetro, que es un aparato de medida que proporciona el nivel promedio de ruido durante su tiempo de funcionamiento.

El riesgo auditivo se mide en dBA, puesto que se trata de una unidad ponderada que hace referencia al nivel sonoro medido con un filtro previo, que conserva únicamente las frecuencias más dañinas para el oído humano.

Con respecto a los niveles de ruido permitidos por la legislación (Real Decreto 286/2006) se distingue entre valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción y valores superiores de dan lugar a una acción. Así los niveles inferiores se sitúan en torno a 80 dBA de nivel de ruido equivalente. Mientras que los superiores se sitúan en 85 dBA. Si se superan los niveles inferiores se pondrán los equipos de protección a disposición de los trabajadores. Pero estos no tienen la obligación de utilizarlos hasta que no se superen los niveles superiores de exposición (85 dBA). El RD 286/2006 determina el valor límite de exposición teniendo en cuenta los niveles de atenuación de los equipos de protección en 87 dBA. Ése valor nunca habrá de ser sobrepasarse.

Los protectores auditivos pueden clasificarse en dos grupos: pasivos y activos. Los protectores auditivos pasivos son equipos que tienen la función particular de reducir el sonido en función de su diseño y de los materiales utilizados en su fabricación. Estos equipos pasivos no incluyen ningún mecanismo reductor de ruido tanto sea mecánico como electrónico. Entre ellos se encuentran las orejeras, las orejeras adaptadas a cascos de protección, los distintos tipos de tapones (desechables, hipoalergénicos, reutilizables, con banda...) y los cascos anti-ruido. Los tapones se emplearán para uso continuo, en ambientes calurosos o húmedos y cuando sea necesario llevarlos con otros protectores. Los tapones con banda u orejeras se utilizarán para actividades con ruido intermitente y los cascos anti-ruido o combinación tapones con orejeras en ambientes extremadamente ruidosos.

Los protectores auditivos activos poseen las propiedades de los pasivos junto con otras características y funciones adicionales, pudiendo incluir componentes mecánicos o electrónicos. Como equipos de protección auditiva activa se encuentran las orejeras dependientes de nivel que restauran el sonido externo con atenuación de niveles altos, se emplearán en aquellas áreas de ruido intermitente y en las que sea necesario escuchar sonidos de advertencia externos. También se pueden utilizar orejeras de comunicación, en las cuales se produce una entrada de audio para transmitir información hablada o señales de alarma mientras que proporcionan atenuación de los ruidos que superen los valores límite. Los protectores activos están recomendados para las áreas de la planta en las que sea necesario seguir las señales o alarmas que proporcionan los instrumentos de control.

Los EPI para protección de los oídos se emplearán en los casos en los que las protecciones por medios físicos o la organización del trabajo no reduzcan suficientemente el riesgo. Entre las protecciones físicas se encuentran las pantallas, los recubrimientos con material acústicamente absorbente para eliminar el ruido aéreo o aislamientos/recubrimientos para reducir el ruido creado por cuerpos sólidos.

5.8.3. Protección ocular y facial

Este tipo de protecciones se emplean en la industria para evitar posibles riesgos de lesiones oculares como conjuntivitis, salpicaduras o abrasiones de córnea debidas a vapores tóxicos u otro tipo de lesiones que puedan desembocar en pérdida parcial de la visión o incluso ceguera.

En función de la zona protegida existen dos grandes grupos de protectores oculares y faciales, las gafas que únicamente protegen los ojos y las pantallas o viseras que además de los ojos, protegen parte o la totalidad de la cara.

El material de las pantallas y viseras suele ser policarbonato o polipropileno y su peso aproximado está entre 60 y 150 gramos. Según la norma UNE-EN 165:1995 se tienen los siguientes tipos de pantallas: pantalla facial (cubre la totalidad o una parte del rostro), pantalla de mano, pantalla facial integral (cubre cara, garganta y cuello) y pantalla facial montada (se coloca mediante un arnés o casco de protección).

Las gafas pueden ser oculares acoplados a una montura con patillas y oculares únicos en una montura de material flexible que encierran totalmente la región orbital. Las lentes pueden presentar distintos colores, como el gris oscuro para impedir el deslumbramiento eléctrico y son un equipo preventivo de una gran variedad de riesgos como choque o impacto con partículas o cuerpos sólidos, proyección o salpicadura de líquidos, productos cáusticos o metales fundidos, polvo y humos, sustancias gaseosas irritantes, radiaciones y deslumbramientos.

Dado que en la instalación industrial que se está analizando se manipulan sustancias gaseosas que según las fichas internacionales de seguridad química pueden provocar enrojecimiento o quemaduras será necesario el uso de gafas ajustadas de seguridad, pantalla facial o protección ocular combinada con la respiratoria (dependiendo del nivel de seguridad que exija el producto manipulado) en todas las áreas a excepción del área 600 correspondiente a aparcamiento y dentro del área 500 en la zona de oficinas. Para las situaciones de reparación o mantenimiento de los equipos, si se requiere realizar trabajos de soldadura se emplearán las pantallas de protección frente soldaduras.

Si el trabajador se encuentra en zona de tránsito o necesita controlar una zona amplia debe utilizar protectores que reduzcan poco su campo visual. Si ha de realizar movimientos de cabeza bruscos durante la ejecución del trabajo, el protector tiene que disponer de un sistema de sujeción fiable. En caso de condiciones ambientales de calor o humedad, que favorecen el empañamiento de los oculares, se emplearán protectores que tengan diseño y tratamiento antiempañamiento.

5.8.4. Protección de extremidades superiores

Las extremidades superiores, principalmente las manos, son estadísticamente la zona del cuerpo más castigada. Esto es debido a que están sometidos a muchos riesgos en la mayoría de los puestos de trabajo y a su uso continuado e indispensable. Las lesiones pueden producirse debido a acciones mecánicas (cortes, desgarros,...), acciones producidas por contacto con productos químicos (ácidos, bases, disolventes...), por efecto térmico (calor, llamas, salpicaduras de metal fundido, congelaciones,...), acciones eléctricas (descargas, quemaduras,...), etc.

Para las manos la mejor opción para prevenir enfermedades profesionales como dermatitis son los guantes. La elección de los guantes protectores se realizará en función del riesgo al que se vaya a estar sometido.

En trabajos de mantenimiento eléctrico se emplearán guantes aislantes ante descargas de origen eléctrico, estos guantes están fabricados en caucho natural y protegen contra quemaduras y electrocuciones.

Los guantes de protección contra riesgos térmicos pueden ser guantes aluminizados, que protegen contra el calor radiante, guantes Zetex, formados por fibras de sílice, por lo que no arden y resisten hasta 1100°C, guantes Kevlar que resisten temperaturas extremas, productos químicos, abrasión, cortadura y presentan una baja conductividad eléctrica.

Los guantes protectores que se emplean en tareas relacionadas con la manipulación de productos químicos pueden ser de una gran variedad de materiales. Los de látex natural se emplearán únicamente a nivel laboratorio y cuando el producto que se esté manipulando presente unas características físicas y químicas adecuadas

para trabajar con seguridad. Los guantes de PVC destacan por su flexibilidad, bajo riesgo de alergias, excelente protección frente a ácidos fuertes, álcalis, bases y alcoholes además de su confort y bajo coste. En el mercado también existen guantes de PVA (compuesto por alcohol de vinilo), éstos poseen buenas propiedades físicas, resisten a cortes, abrasiones y enganches, y se emplean en el manejo de hidrocarburos alifáticos y aromáticos, disolventes clorados, algunas cetonas, esteres y éteres. Con características similares a los de PVA se encontrarían los guantes de neopreno que además presentan excelente resistencia a un amplio abanico de solventes, sustancias ácidas, luz solar y ozono.

El uso de guantes protectores será obligatorio en todas aquellas áreas de la planta en las que se realice una actividad que implique la manipulación o posible contacto con productos químicos, principalmente en las áreas de reacción, separación/purificación y tratamiento de aguas. Se emplearán guantes de protección térmica en el área de servicios cuando la actividad que se esté desempeñando lo requiera.

Los manguitos y mangas son los EPIs empleados para proteger brazos y/o antebrazos. En función del riesgo al que protejan estarán fabricados de distintos materiales, normalmente el material es el mismo que el del guante que acompañan.

5.8.5. Protección de extremidades inferiores

Las extremidades inferiores, sobre todo los pies, están sometidos durante la jornada laboral a riesgos de naturaleza diversa: térmicos, eléctricos, químicos, mecánicos y riesgos de incomodidad o molestia vinculados al uso del calzado. Dichos riesgos pueden ser reducidos con el empleo de equipos de protección individual adecuados. Los EPIs más frecuentes para la protección de las piernas son rodilleras o polainas, para los pies se emplea calzado de seguridad.

El calzado de uso profesional que se utilizará en la instalación debe disponer de tope o puntera de seguridad para proteger los dedos frente a impactos, perforación y compresión estática. Deberá estar fabricado todo en caucho (vulcanizado) o todo polimérico (moldeado) para una mayor resistencia a la permeabilidad de los productos

químicos. La suela deberá ser antideslizante para evitar caídas por resbalón y el calzado será bota alta o de media caña para mayor seguridad.

Por último, el calzado deberá presentar una baja resistencia eléctrica para favorecer que la corriente circule a través del cuerpo humano y se descargue a tierra, esta resistencia eléctrica deberá ser mayor en el calzado del personal de mantenimiento eléctrico. El uso del calzado de seguridad será obligatorio en toda la planta a excepción de la zona de oficinas.

5.8.6. Protección de las vías respiratorias

Los equipos de protección respiratoria se emplean en las situaciones en las que existen riesgos para la salud derivados de la presencia de sustancias tóxicas, contaminantes, o peligrosas contenidas en el aire respirable, o en ocasiones en las que exista falta de oxígeno en el lugar de trabajo.

Los equipos de protección respiratoria se pueden clasificar en:

- Equipos filtrantes o dependientes de la atmósfera
- Equipos respiratorios o independientes de la atmósfera

Los equipos filtrantes son aquellos en que el aire pasa a través de un filtro que retiene las impurezas antes de ser inhalado. Consisten en un adaptador facial que puede ser tipo máscara, mascarilla o boquilla, con un filtro. El filtro está hecho de materiales fibrosos los cuales retienen las partículas nocivas a medida que se inhala el aire. En función de las sustancias que se pretendan filtrar, los filtros pueden ser de materiales absorbentes como carbón activo o gel de sílice, material filtrante compuesto por reactivos y catalizadores que se encarguen de retener y/o transformar el contaminante mediante reacciones físicas o químicas, etc.

Los equipos filtrantes están diseñados para aportar protección contra partículas sólidas suspendidas en el aire tales como, polvos y nieblas. Entre sus limitaciones se

encuentra la imposibilidad de emplearlos para filtrar gases o vapores, ni en atmósferas deficientes de oxígeno (se considera deficiencia de oxígeno cuando el porcentaje de este gas en el aire es menor al 17%) y su escasa durabilidad en atmósferas saturadas de humedad.

Los equipos respiratorios permiten respirar independientemente de la atmósfera circundante. Estos dispositivos brindan aire independiente del presente en el lugar de trabajo, por lo tanto el aire no debe pasar a través de un elemento purificador, para que retenga el elemento contaminante, como en los anteriores.

Para elegir el tipo de protección respiratoria más adecuada se deberá de considerar una serie de factores como la concentración de oxígeno, tipo de sustancia contaminante y su estado de presentación, concentración del contaminante, tiempo de exposición, existencia de riesgos simultáneos (térmicos, mecánicos, radiaciones), características del medio ambiente (temperatura, humedad, velocidad del aire), características del lugar (salidas, ventanas, layout) y las características de la operación que se está desempeñando (movilidad necesaria, frecuencia).

En función de la concentración y de la toxicidad de los gases presentes en cada área de la planta se dispondrá de un tipo u otro de máscara filtrante. Estas máscaras dispondrán de filtros químicos que purificarán el aire inhalado reteniendo el gas tóxico mediante una reacción con el reactivo impregnado en el filtro. Serán de uso obligatorio, sobre todo en las áreas 200 y 300, dado que en la ficha internacional de seguridad química de alguna de las sustancias presentes como el acetaldehído, se recomienda el uso de protección respiratoria, ventilación o extracción localizada.

5.8.7. Protectores de tronco y abdomen

Según la clasificación citada en el Real Decreto 773/1997, existe un séptimo grupo de equipos de protección individual que son los protectores de tronco y abdomen. Entre ellos se pueden encontrar chalecos, chaquetas y mandiles de protección contra agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, proyecciones de metales en fusión), chalecos termógenos, chalecos salvavidas, cinturones de sujeción

del tronco, fajas y cinturones antivibraciones y chalecos o mandiles de protección contra agresiones químicas.

A excepción de los mandiles de protección frente proyecciones de metales fundidos y partículas incandescentes que se emplearán en los trabajos de mantenimiento de los equipos en los que sean necesarios realizar labores de soldadura, las protecciones de tronco y abdomen no serán empleadas en la instalación industrial.

5.8.8. Protección integral

Son aquellos equipos que protegen al individuo frente a riesgos que no actúan sobre partes determinadas del cuerpo sino sobre la globalidad del organismo. Se trata principalmente de tres equipos: ropa de trabajo y protección, prendas de señalización y cinturones de seguridad.

La ropa de trabajo y protección cubre total o parcialmente el cuerpo con la finalidad de protegerlo contra riesgos de origen químico, térmico, proyecciones, radioactividad o agentes biológicos. Debe de ser de tejido ligero y flexible, que permita una fácil limpieza y desinfección, y se adecue a las condiciones de temperatura y humedad del puesto de trabajo, debe ajustarse bien al cuerpo del trabajador, se eliminarán o reducirán, en la medida de lo posible, los elementos adicionales como bolsillos, botones o cordones para evitar el peligro de enganche.

Los trajes de protección se emplearán en las áreas 200 y 300, en los casos en los que el operario esté en contacto directo con productos tóxicos como el crotonaldehído cuya ficha de seguridad recomienda el uso de estas protecciones.

Las prendas de señalización (chalecos, brazaletes) están constituidas de material reflectante y será obligatorio su uso en las áreas de carga y descarga de materias primas y productos acabados, así como en aquellas zonas en donde la deficiencia de iluminación pueda dar lugar a riesgo de colisiones o atropellos.

Los cinturones de seguridad son EPIs diseñados para sostener y frenar el cuerpo del operario en actividades que impliquen riesgo de caídas desde alturas. Se trata principalmente de cinturones de sujeción, cinturones de suspensión y arnés.

Estos equipos llevarán un dispositivo de agarre y sostén del cuerpo, y un sistema de conexión que pueda unirse a un punto de anclaje seguro. Será necesario disponer de este tipo de equipos para realizar labores de mantenimiento y reparación de equipos que impliquen trabajos en altura con riesgo de caída.

5.8.9. Protectores de la piel

En las situaciones en las que los equipos de protección antes descritos entorpezcan o limiten la movilidad del personal, como es el caso del uso de guantes cuando se trabaja con máquinas con elementos móviles al descubierto, se emplearán protectores de la piel, ya que los guantes podrían ser enganchados y arrastrar la mano del operario. En estos casos, o cuando la piel esté poco expuesta, pueden usarse cremas barrera y cremas protectoras. Las cremas barrera deben aplicarse antes de comenzar el trabajo, y las cremas protectoras, una vez finalizado éste y después de haber lavado bien la piel.

Todos los EPIs deberán de guardarse en bolsas o recipientes adecuados, se sustituirán una o dos veces al año, dependiendo del uso y de las especificaciones del fabricante y se examinarán o revisarán con la periodicidad que estime oportuna el fabricante.

5.9. BIBLIOGRAFÍA

5.9.1. Directivas Europeas

- Directiva 89/656/CEE del Parlamento Europeo (cuyo artículo 10 ha sido modificado por la Directiva 2007/30/CE).
- Directiva 2003/10/CE establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido).
- Directiva 96/82/CE, del 9 de Diciembre del 1996, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

5.9.2. Normativa española

- 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.
- Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.
- Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.
- Reglamento 1272/2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas.
- Real Decreto 485/1997, del 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 865/2003, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Real Decreto 948/2005, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

- Real decreto 119/2005, de 4 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- 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.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Instrucción Técnica Complementaria (ITC-MIE-APQ-1), relativa al almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles.
- Instrucción Técnica Complementaria (ITC-MIE-AP-10), relativa a depósitos criogénicos.
- Código técnico de edificación (CTE) 'Seguridad en caso de incendio' (SI).

5.9.3. Normativa Autonómica

- Decret 352/2004, de 27 de juliol, pel qual s'estableixen les condicions higienicosanitàries per a la prevenció i el control de la legionel·losi.
- Decret 174/2001, de 26 de Juny, pel qual es regula l' aplicación a Catalunya del Reial Decret 1254/1999, de 16 de Juliol, de mesures de control dels riscos inherents als accidents greus en els quals intervinguin substàncies perilloses.

5.9.4. Pàgines web

- www.insht.es
- <http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/>
- <http://www.cdc.gov/niosh/>

6. MEDIO AMBIENTE

6.1. <i>INTRODUCCIÓN</i> -----	3
6.2. <i>TIPOS DE CONTAMINACIÓN</i> -----	5
6.2.1. Contaminación de las aguas -----	5
6.2.1.1. Legislación -----	6
6.2.2. Contaminación atmosférica-----	7
6.2.2.1. Legislación -----	9
6.2.3. Contaminación por residuos-----	10
6.2.3.1. Legislación -----	10
6.2.4. Contaminación acústica-----	11
6.2.4.1. Legislación -----	11
6.2.5. Contaminación lumínica -----	13
6.2.5.1. Legislación -----	13
6.2.6. Impacto visual -----	13
6.3. <i>TRATAMIENTO DE GASES DE LA PLANTA</i> -----	14
6.4. <i>TRATAMIENTO EFLUENTES LÍQUIDOS DE LA PLANTA</i> -----	17
6.4.1.1. Elección del método-----	18
6.4.1.2. Reactor Fenton ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$) -----	24
6.4.1.3. Reactor neutralización (Ca(OH)_2) y sedimentación -----	28
6.4.2. Tratamiento biológico-----	32
6.4.2.1 Reactores biológicos en discontinuo (SBRs) -----	35
A) Diseño -----	35

B) Operación -----	38
6.4.2.2 Tanque pulmón TP-801 -----	40
6.4.2.3 Neutralización de la purga -----	40
6.4.2.4 Reactor biológico continuo y sedimentador secundario-----	41
A) Reactor biológico continuo -----	41
B) Sedimentador secundario-----	42
6.4.3 Conclusión-----	44
6.5. <i>BIBLIOGRAFIA</i> -----	46
6.5.1. Tratamiento de gases-----	46
6.5.2. Fenton-----	46

6.1. INTRODUCCIÓN

Con los problemas a los que se enfrenta actualmente la sociedad, problemas de tipo político, económico, social y hasta deportivos, se suele dejar de lado uno con el que se tiene un contacto más cercano, el problema de la contaminación, un problema que la sociedad ha creado e incrementado de forma gradual todos los días.

Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente físico, químico o biológico o bien de una combinación de ellos en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la personas, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal.

En la actualidad, el resultado del desarrollo y progreso tecnológico ha originado diversas formas de contaminación, las cuales alteran las vidas de las personas. Debido a esto, la actual contaminación se convierte en un problema más crítico que en épocas pasadas.

La mayoría de las personas perciben el problema de la contaminación. Por eso uno, se suele referir a ella como uno de los principales problemas del planeta. Pero conviene hacer un esfuerzo por concretar y abordar de una forma más precisa las distintas formas de contaminación y sus consecuencias.

Mientras las poblaciones humanas eran pequeñas y su tecnología modesta, su impacto sobre el medio ambiente fue solamente local. No obstante, al ir creciendo la población y mejorando y aumentando la tecnología, aparecieron problemas más significativos y generalizados. El rápido avance tecnológico producido tras la edad media culminó en la Revolución Industrial, que trajo consigo el descubrimiento, uso y explotación de los combustibles fósiles, así como la explotación intensiva de los recursos minerales de la Tierra. Fue con la Revolución Industrial cuando los seres humanos empezaron realmente a cambiar la faz del planeta, la naturaleza de su atmósfera y la calidad de su agua. Uno de los mayores causantes de la contaminación ambiental actual sin lugar a dudas es la industria.

Existen una serie de industrias que necesitan una gran cantidad de agua para funcionar. Como resultado del proceso de producción muchas aguas llevan consigo

desechos de la propia fábrica, que deberían previamente ser tratados y depurados, de acuerdo a la legislación y normativas ambientales vigentes. No todas, lamentablemente, cumplen con estos requisitos, constituyendo una de las causas más graves de contaminación y deterioro de los cauces de agua y el medio.

Actualmente no existe información completa sobre los contaminantes que se vierten en los cursos de agua, el aire, o los suelos. Esto refleja un problema de contaminación encubierta, a veces de dimensiones desconocidas.

Por otro lado existen miles de personas que conviven con industrias que perjudican su salud, directa o indirectamente y no disfrutan de su derecho a conocer los tóxicos a los que están expuestos, para poder tomar medidas preventivas o hacer valer su derecho a un medio ambiente sano, hasta que es demasiado tarde. Por suerte estos casos cada vez van siendo menores.

El actual modelo industrial no es ecológicamente sostenible y no ha podido satisfacer las necesidades básicas para toda la humanidad. Son muestras de ello la depredación de recursos naturales no renovables para satisfacer el sobre consumo de productos en su mayoría no de primera necesidad; la producción de bienes generando volúmenes exorbitante de residuos tóxicos y la consiguiente contaminación de los ríos, el aire y el suelo; la irreversible extinción de especies; el aumento de la incidencia de enfermedades por causas ambientales y la desaparición de suelos fértiles y productivos dando lugar a enormes desiertos y mayor pobreza.

Pero esta situación poco a poco va cambiando, los gobiernos cada vez son más estrictos con la legislación medioambiental y las sanciones por incumplirla, y esto está llevando a la industria a adecuar sus procesos a no ser tan contaminantes, para poder cumplir con la legislación. Muchas industrias han tenido que cambiar su proceso o directamente cerrar debido a los altos costes de inversión y tratamiento que debían hacer para tratar los residuos originados en el proceso.

El modelo industrial tal como se conoce ha servido para satisfacer algunas necesidades humanas pero también según algunos estudios y entendidos de la materia ha podido hipotecar el futuro medioambiental del planeta.

6.2. TIPOS DE CONTAMINACIÓN

6.2.1. Contaminación de las aguas

El agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar contaminada por las actividades humanas pudiendo llegar a no ser útil, sino más bien nociva. Algunos factores que pueden contaminar las fuentes hídricas son:

- Agentes patógenos: bacterias, virus, parásitos...
- Desechos que requieren oxígeno: los desechos orgánicos pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Si hay poblaciones grandes de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno del agua, matando así las formas de vida acuáticas.
- Sustancias químicas inorgánicas: ácidos, compuestos de metales tóxicos (mercurio, plomo,...).
- Nutrientes vegetales: pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen agotando el oxígeno del agua y de este modo causan la muerte de las especies.
- Sustancias químicas orgánicas: petróleo, plásticos, plaguicidas, detergentes...
- Sólidos en suspensión: partículas insolubles que enturbian el agua.

La contaminación del agua por parte de la industria viene producida por los vertidos de aguas residuales.

Lista de las principales sustancias contaminantes con límites de emisión al agua:

Compuestos organohalogenados

- Compuestos organofosforados
- Compuestos organoestánicos
- Hidrocarburos persistentes
- Sustancias tóxicas
- Cianuros
- Metales y sus compuestos
- Arsénico y sus compuestos
- Biocidas y productos fitosanitarios
- Materias en suspensión

- Sustancias que contribuyen a la eutrofización (en particular nitratos y fosfatos)
- Sustancias que ejercen una influencia desfavorable sobre el balance de oxígeno (y computables mediante parámetros tales como DBO y DQO).

Tabla 1. Límites de vertido

Temperatura	40°C
Ph	6-10
Sólidos en suspensión	750 mg/l
DQO	1500 mg/l O ₂
TOC	450 mg/l C
Aceites y grasas	250 mg/l
Cloruros	2.500 mg/l
Conductividad	6.000 mS/cm
Dióxido de azufre	15 mg/l SO ₂
Sulfatos	1.000 mg/l SO ₄
Sulfuros totales	1 mg/l S ₂
Nitratos	100 mg/l NO ₃
Amonio	60 mg/l NH ₄
Nitrogeno orgánico i amoniacal	90 mg/l N

6.2.1.1. Legislación

Real Decreto 4/2007, del 13 de abril, por el que se modifica el texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto 1/2001, del 20 de julio.

Reglamento metropolitano de vertido de aguas residuales, regulado por L'Entitat del Medi Ambient (EMA). BOP Núm. 142 14/06/2004

Decret 3/2003, del 4 de noviembre, por el cual se aprueba el texto refundido de la legislación en materia de aguas en Cataluña.

Decret 83/1996 del 5 de marzo, sobre mediadas de regularización de vertidos de aguas residuales.

Resolución de 28 de abril de 1995, de la secretaría de Estado de Medio Ambiente y Vivienda por la cual se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros de 17 de febrero de 1995, por el que se aprueba el Plan Nacional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales.

Orden de 19 de febrero de 1987, normas complementarias en materia de autorizaciones de vertido de aguas residuales

Ley 5/1981, del 4 de junio, de evacuación y tratamientos de aguas residuales.

Reglament Metroplotà d'abocament d'aigües residuals (Barcelona). Aprovació definitiva CM 3/06/2004

6.2.2. Contaminación atmosférica

Se considera contaminación atmosférica a la introducción en la atmósfera, por acción humana, directa o indirecta, de sustancias o de energía que tengan una acción nociva de tal naturaleza que ponga en peligro la salud del hombre, que cause daños a los recursos biológicos y a los ecosistemas, que deteriore los bienes materiales y que dañe o perjudique las actividades recreativas y otras utilizaciones legítimas del medio ambiente.

Las emisiones a la atmósfera tienen lugar en forma de gases, vapores y sólidos en suspensión.

Se puede clasificar los contaminantes atmosféricos en dos grandes grupos con el criterio de si han sido emitidos desde fuentes conocidas o se han formado en la atmósfera. Teniendo:

- Contaminantes primarios: Aquellos procedentes directamente de las fuentes de emisión. Suelen proceder de chimeneas y automóviles. Se consideran contaminantes primarios a las partículas en suspensión y a los hidrocarburos.

Los contaminantes primarios más importantes son los óxidos de nitrógeno (NOx), los compuestos orgánicos volátiles (COV) como el CH4, el monóxido de carbono (CO) y los óxidos de azufre (SOx).

- Contaminantes secundarios: Aquellos originados en el aire por la reacción entre dos o más contaminantes primarios, o por sus reacciones con los constituyentes normales de la atmósfera. Son contaminantes secundarios comunes el dióxido de nitrógeno (NO2), formado a partir de óxido nítrico (NO) y el ácido sulfúrico (H2SO4), producido a partir de dióxido de azufre (SO2).

Principales sustancias contaminantes con límites de emisión a la atmósfera:

- Óxidos de azufre y otros compuestos de azufre
- Óxidos de nitrógeno y otros compuestos de nitrógeno
- Monóxido de carbono
- Compuestos orgánicos volátiles
- Metales y sus compuestos
- Polvos
- Amianto (partículas en suspensión)
- Cloro y sus compuestos
- Flúor y sus compuestos
- Arsénico y sus compuestos
- Cianuros
- Sustancias y preparados respecto de los cuales se haya demostrado que poseen propiedades cancerígenas, mutágenas o puedan afectar a la reproducción a través del aire.
- Policlorodibenzodioxinas y policlorodibenzofuranos

6.2.2.1. Legislación

Unión Europea

Directiva 84/360/CEE, relativa a la lucha contra la contaminación atmosférica procedente de las instalaciones industriales, DOCE, 16 julio 1984.

Directiva 96/62/CE, de 27 de septiembre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente, DOCE nº L 296, 21 noviembre 1996.

Directiva 96/61/CE relativa a la prevención y el control integrados de la contaminación, DOCE, 10 octubre 1996.

- España

Ley 38/1972, de 22 de diciembre de Protección del Ambiente Atmosférico. (BOE nº 309, de 26 diciembre 1972).

Decreto 833/1975, de 6 de febrero que desarrolla la Ley 38/1972 de Protección del Ambiente Atmosférico. (BOE nº 96, de 22 abril 1975).

Orden de 18 de octubre de 1976, sobre prevención y corrección de la Contaminación Atmosférica, Industrial (BOE nº 290, de 3 diciembre 1976).

Cataluña

Ley 22/1983, de 9 de noviembre, de protección del ambiente atmosférico (DOGC nº 385, de 30 noviembre 1983).

Decreto 322/1987, de 23 de septiembre, de despliegue de la Ley. DOGC nº 919, 25 noviembre 1987.

Ley 7/1989, de 5 de junio, de modificación parcial de la Ley de Protección del Ambiente Atmosférico (DOGC nº 1153, de 09 junio 1989).

Ley 6/1996, de 18 de junio, de modificación de la Ley 22/83 de protección del ambiente atmosférico (DOGC nº 2223, de 28 junio 1996) (BOE, 7 agosto 1996).

6.2.3. Contaminación por residuos

Por residuos industriales se entienden aquellos residuos generados en los procesos de fabricación industrial que no alcanza ningún valor económico, muchas veces porque las técnicas aplicables para hacerlos útiles son caras y económicamente poco rentables.

Afortunadamente, está aumentando la reutilización de estos residuos, muchas veces como materia prima de otros procesos.

Hay varios tipos de residuos según su procedencia. La industria genera una gran cantidad de residuos sólidos: residuos sólidos urbanos, residuos peligrosos, residuos radiactivos, etc. Los residuos sólidos urbanos están constituidos por: restos de alimentos, papeles, cartones, plásticos, maderas, cenizas, ropas, vidrios, envases metálicos, etc. Los residuos peligrosos son aquellos materiales sólidos, pastosos, líquidos así como los gaseosos contenidos en recipientes que por su contenido, forma de presentación u otras características pueden considerarse como tales.

6.2.3.1. Legislación

Ley 42/1975, de 19 de noviembre, sobre desechos y residuos sólidos urbanos.

Decreto 64/1982, de 9 de marzo, por el que se aprueba la reglamentación parcial del tratamiento de los deshechos y residuos.

Decreto 142/1984, de 11 de abril, de desdoblamiento parcial de la Ley 6/1983, de 7 de abril, sobre residuos industriales.

Ley 20/1986, de 14 de mayo, básica de residuos tóxicos y peligrosos.

Resolución de 16 de octubre de 1995, por la que se hace público el Acuerdo de Gobierno de aprobación del Programa general de residuos de Cataluña.

Resolución de 16 de julio, por la que se da publicidad a la aprobación de los programas de actuación adoptados por el Consejo de dirección de la Junta de Residuos.

Decreto 399/1996, de 12 de diciembre, por el que se regula el régimen jurídico del fondo económico previsto en el Decreto Legislativo 2/1991, de 26 de septiembre, por el que se aprueba el refundido de los textos legales vigentes en materia de residuos industriales.

6.2.4. Contaminación acústica

El ruido se define como cualquier sonido calificado, por quien lo sufre, como algo molesto, indeseable e irritante. A su vez, se define la contaminación acústica como aquella que se genera por un sonido no deseado, que afecta negativamente a la calidad de vida y sobre todo, a aquellos individuos que desarrollan actividades industriales y a los que usan con bastante frecuencia determinados vehículos para poder desplazarse.

El ruido industrial está originado fundamentalmente por el funcionamiento de los diferentes tipos de máquinas existentes en estos lugares y, en general por toda su actividad interna. La progresiva molestia que produce el ruido industrial está relacionada directamente con toda una serie de factores objetivos, tales como el aumento del nivel de industrialización en todo el mundo, la paulatina concentración de la actividad industrial en espacios limitados y el aumento de la potencia de las máquinas.

6.2.4.1. Legislación

Unión Europea

Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental (Nota: La directiva difiere bastante de la propuesta presentada por la Comisión casi dos años antes. La conservamos también aquí principalmente por el valor de su exposición de motivos.)

Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados del ruido

España

Ley del Ruido (Ley 37/2003)

RD 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental

RD 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Norma básica de edificación NBE-CA-88 sobre las condiciones acústicas de los edificios.

RD 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

Código Civil (Artículos relevantes para el tema del ruido)

Ley 38/1972 de Protección del Ambiente Atmosférico, derogada por LEY 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera

Ley 7/1985, Reguladora de las Bases del Régimen Local

Cataluña

Ley 16/2002, de protección contra la contaminación acústica

Llei 3/1998 de la intervenció integral de l'Administració ambiental Decret 136/1999 pel qual s'aprova el Reglament general de desplegament de la Llei 3/1998 i s'adapten els seus annexos

Ordenança municipal tipus, reguladora del soroll i les vibracions

6.2.5. Contaminación lumínica

Es toda la luz que se emite o escapa por encima de la horizontal de las luminarias en una instalación de alumbrado de exteriores. Produce un halo luminoso o resplandor al iluminar las partículas de polvo o agua que el aire contiene en suspensión. Cuando hay nubes, la base de éstas se ve iluminada. También se considera como contaminación lumínica a toda la luz que escapa fuera de la zona que se quiere iluminar, es decir, toda la energía luminosa desaprovechada, ya que directa o indirectamente tiene efectos perjudiciales sobre el medio ambiente.

6.2.5.1. Legislación

Ley 6/2001, de 31 de mayo, de ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno.(DOGC nº 3407, de 12.06.01).

Decreto 82/2005, de 3 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley 6/2001, de 31 de mayo de ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno. (DOGC nº 4378, de 05.05.05).

6.2.6. Impacto visual

La construcción de una planta industrial nunca es aceptada por la población, ya que aparte del peligro y la contaminación que puede generar la planta, tiene un impacto estético con el medio que la rodea. Por ese motivo se intenta a la hora de construir la planta integrarla estéticamente con la zona que le rodea y acondicionar zonas ajardinadas y plantaciones de árboles.

6.3. TRATAMIENTO DE GASES DE LA PLANTA

La corriente de gas a tratar es la 334 que proviene de la unión de las corrientes 309 y 313. La corriente 309 proviene de dividir la 308 en dos partes, una parte se recircula, corriente 216 y la otra, va a tratamiento de gases. El caudal 308 es la salida de gases de la columna de absorción AB-301, donde se produce la absorción mayoritaria del acetaldehído con la corriente 331, quedando en los gases una cantidad menor, así como también reactivos y compuestos organoclorados. El origen de la corriente 313 es la salida de gases de la columna de D-301, donde el vapor que entra a la columna sirve para arrastrar los subproductos que no se han eliminado en el equipo AB-301 y reconcentrar el acetaldehído.

El proceso que se llevará a cabo para eliminar los compuestos organoclorados, el principal problema de los efluentes gaseosos producidos en la planta de acetaldehído, es una oxidación total de dichos compuestos mediante la utilización de catalizadores de cromo y cobre: $\text{CuO-Cr}_2\text{O}_3/\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$.

Las propiedades del catalizador que se utiliza se encuentran en la Tabla 2.

densidad (g/cm ³)	0,8
Área superficial (m ² /g)	100-150
forma	Esfera
tamaño (mm)	4-6

Tabla 2. Propiedades catalizador

Se conoce que el catalizador que se utiliza tiene desactivación debido a compuestos que se forman con cloro. Debido a este inconveniente, cuando se realice la parada de planta se habrá de cambiar de lecho.

El reactor que se empleará para la oxidación catalítica tiene un GHSV de $224,8\text{h}^{-1}$, y por lo tanto, un volumen de lecho de $25,3\text{m}^3$ con una porosidad del 60%, una longitud de 5m y un diámetro de 2,5m. Los fondos del reactor tendrán una longitud de 0,9m.

La corriente de gas que entrará al reactor tiene que tener una temperatura de entrada mínima de 350°C. La corriente está inicialmente a unos 38 °C y para su calentamiento se utilizará, una vez se opere en estado estacionario, la corriente gaseosa de salida del reactor, cuya temperatura es de 450°C.

Se ha escogido este sistema de eliminación, ya que las diferentes fuentes bibliográficas que se han encontrado lo recomiendan e indican que es el proceso más utilizado para la eliminación de estos compuestos.

El gas a la salida del reactor se encuentra acidificado debido a la formación de ácido clorhídrico. Para solucionar este problema se utilizará una torre de carbón activo impregnado en NaOH. La columna tiene dos lechos de carbón activo de 10m³ con una porosidad 0,55. La torre se encuentra duplicada para poder realizar un tratamiento del gas continuo. El cambio de carbón activo se realizará cada cinco días de acuerdo con sus propiedades, visibles en la Tabla 3.

Densidad aparente (Kg/m ³)	300
Capacidad adsorción (Kg HCl/m ³ carbón)	600
Granulometría (mm)	4X8

Tabla 3. Propiedades Carbón activo

La torre tiene fondos y un espacio entre lechos de 1,5m, y tres bocas de hombre laterales en los lechos y en el espacio entre lechos para facilitar su limpieza.

Para los requerimientos de carbón activo se ha tenido en cuenta los diferentes factores que influyen en la capacidad de adsorción, como por ejemplo la temperatura de entrada del gas, etc.

Debido al consumo considerable de carbón activo se ha buscado otro método para eliminar el HCl del gas, el lavado en seco, que consiste en un recipiente en forma de silo con una entrada en la parte superior que dispersa una solución de NaOH, el gas que entra por una entrada lateral vaporiza el agua de la solución y el NaOH reacciona con el HCl que contiene el gas. En el fondo del silo precipitan los residuos pertinentes que se extraen de forma regular.

Para descartar uno de los dos sistemas de tratamiento se ha realizado una comparación económica de los gastos que se realizan en cada proceso, materias primas, etc. La tabla tres indica que el sistema de tratamiento que utiliza la torre de carbón activo tiene menos costes, y por lo tanto es más rentable.

	Torre Carbón Activo	Lavado en seco
Requerimientos de carbón activo	600Kg/dia	-
Requerimientos de Sosa	-	1536Kg/dia
coste materia prima	800euros/dia	1536euros/dia
Otros costes	18000euros/mes	-
costes anuales	504000 euros	552960 euros

Tabla 4. Comparación económica de la Torre de carbón activo y el sistema de lavado en seco.

Finalmente, para asegurar el cumplimiento de la ley cuando tiene lugar la emisión del gas a la atmósfera con los compuestos organoclorados que no hayan reaccionado, debido a la desactivación del catalizador, este atraviesa una chimenea de 25m de altura, con un diámetro superior e inferior de 0,65m y 1,5m respectivamente. La corriente también es enfriada a una temperatura de 150º

6.4. TRATAMIENTO EFLUENTES LÍQUIDOS DE LA PLANTA

El último equipo de destilación, D-302, presenta tres corrientes de salida. La corriente que sale por cabezas, corresponde al producto deseado. Las otras dos salidas, una lateral y una por colas, tienen que ser tratadas para poder ser vertidas y presentan características muy distintas en cuanto a composición, que afectarán a su tratamiento.

La mayor parte de la corriente que sale por colas es recirculada a la torre de absorción y a la primera torre de destilación para aprovechar el agua y la otra parte (16% en caudal volumétrico) corresponde a la purga, que está pensada para evitar la acumulación de sustancias como el acético en el sistema. Ésta es en su mayoría agua (99,76 % en masa) y contiene una parte de ácido acético (0,238 %, en masa), que le confiere un pH ácido y una cantidad importante de DQO. Por la composición, es una corriente a la que se le puede aplicar muy fácilmente un tratamiento biológico para rebajar la DQO. Previamente, debe ser neutralizada.

El sentido de la corriente lateral es eliminar la práctica totalidad de los compuestos que no son ácido acético y evitar que salgan por colas o con el producto final; estos compuestos son tóxicos, poco biodegradables y fuertemente recalcitrantes, así que no se ve viable tratarlos biológicamente a las concentraciones presentes en la salida lateral.

La finalidad del tratamiento de los efluentes líquidos es reducir su toxicidad y la concentración de DQO hasta que estén en condiciones de ser vertidos, cumpliendo asimismo con las normativas vigentes al respecto (DQO por debajo de las 1500 ppm y la toxicidad, depende del compuesto). La estrategia a seguir es tender hacia un tratamiento biológico más que uno químico o físico; los tratamientos biológicos son cada vez más presentes y en general son medioambientalmente más sostenibles y económicos, ya que requieren menos materias primas, condiciones de operación más suaves y en algunos casos generan menos residuos (siempre según el caso). Aunque se está avanzando y cada vez hay más compuestos que se pueden biodegradar, hay todavía muchas situaciones en las que una degradación física previa o total es imprescindible.

Bajo estas premisas, el tratamiento de líquidos se basa en reducir la concentración de los compuestos tóxicos de la salida lateral mediante un proceso químico de oxidación avanzada hasta unas concentraciones aptas para ser tratadas biológicamente; el efluente resultante de este proceso se trata con una etapa de biodegradación en

reactores en discontinuo, con una biomasa y condiciones específicas, con la que se pretende convertir los compuestos más complejos en otros más sencillos y por ende más fácilmente biodegradables. Por otro lado, la purga de la salida de colas es neutralizada. Finalmente, estos dos efluentes se juntan y se introducen en un reactor biológico convencional. Es importante añadir que tanto la purga como la salida lateral salen de la torres de destilación a una temperatura por encima de los 90°C, así que se requiere una etapa de enfriamiento.

Previamente a cualquier elección de tratamiento, se ha simulado una operación de separación por destilación de la corriente lateral, para averiguar si es factible concentrar los componentes más tóxicos; se ha constatado no obstante que esta separación no es factible de una forma razonable, debido seguramente a los valores tan cercanos de los puntos de ebullición de las especies y el agua. Tratamiento de oxidación avanzada, Fenton

6.4.1.1. Elección del método

En lo referente a la salida lateral, cabe hacer hincapié en las sustancias presentes ya que impiden un procesado biológico de esta corriente. La composición exacta del corriente lateral se expresa en forma de tabla, visible en la tabla 5.

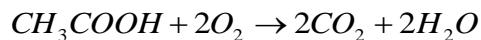
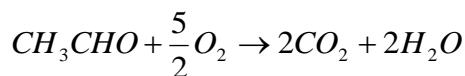
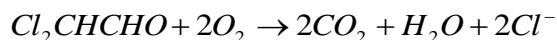
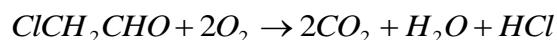
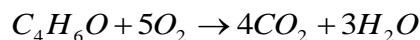
Tabla 5. Caracterización corriente a tratar

Compuestos presentes	Caudal másico (Kg/h)	Concentración (mg/l)
Cloroacetaldehído	67,684	5198,464
di-cloroacetaldehído	67,448	5180,338
Crotonaldehído	10,789	828,648
Acético	33,124	2544,086
Acetaldehído	86,88	6672,811
Agua	12175	935099,846
TOTAL (Kg/h)	12440,925	
densidad (Kg/m3)	955,8	
T (°C)	45	

Debido a la toxicidad que presenta la familia de cloroaldehídos así como el crotonaldehído y acetaldehído, se ha efectuado una búsqueda del método de

tratamiento de dicho corriente, cuyo método sea eficaz en eliminación de compuestos orgánicos tóxicos y a su vez rentable económicoamente.

Para una correcta elección de un tratamiento eficaz para el corriente lateral, es necesario conocer la demanda química de oxígeno (DQO), según las reacciones de oxidación con oxígeno.



Si se procede al cálculo de DQO, el resultado es de 25390,5 g O₂/m³total.

Los tratamientos conocidos, bibliográficos, para tratar efluentes con contaminantes tóxicos son numerosos y hasta el momento son pocos los rentables industrialmente.

Para ser conscientes de las características de cada tratamiento se adjunta la Tabla 6.

Tabla 6 Comparación de diversos métodos de eliminación de DQO (COD)

Item	Métodos						
	Thin film Separation Method	Active carbon absorption method	Chemical Adsorption Method	Ozone oxidation method	Traditional Fenton Method	Electrolytic reduction - Fenton method	Fluidized bed - Fenton Method
Character	Concentrate Pollutant	Absorb Organic matters	Mix and coagulate Organic matters	Oxidizes Organics	Oxidizes Organics	Oxidizes Organics	Oxidizes Organic Matters
COD remove rate (¢H)	90 ~ 95	20 ~ 75	20 ~ 50	30 ~ 60	65 ~ 85	70 ~ 90	70 ~ 90
Equipment cost (10,000 dollars / m³)	0.5 ~ 1	0.225 ~ 0.375	0.05 ~ 0.125	0.5 ~ 1	0.05 ~ 0.125	0.125 ~ 0.375	0.0625 ~ 0.175
Operation cost (Dollars / m³)	3.75 ~ 8.75	3 ~ 10	0.75 ~ 3.75	6.25 ~ 8.75	2.5 ~ 6.25	1 ~ 3.75	2 ~ 3.75
Operation cost (Dollars / kg COD)	37.5 ~ 87.5	25 ~ 100	7.5 ~ 37.5	62.5 ~ 87.5	25 ~ 62.5	20 ~ 37.5	25 ~ 37.5
Difference of Technologies	Need Concentrator	Need regenerate Active carbón	Need sludge treatment	Need O ₃ waste air Treatment	Need sludge treatment	Amounts of sludge less than 80% of traditional Fenton method	Amounts of sludge less than 70% of traditional Fenton method

El objetivo principal para la correcta elección de un método de eliminación de DQO, es principalmente, el porcentaje de eliminación de DQO y el coste de operación. Se puede observar en la **tabla 2**, que los métodos con mayor porcentaje de eliminación son:

- Separación con membranas
- Fenton tradicional
- Electro-Fenton
- Fenton intensivo (lecho fluidizado)

Los más económicos operacionalmente, por kg de DQO, son:

- Adsorción química
- Fenton tradicional
- Electro-Fenton
- Fenton intensivo

Para la elección del método se cree importante que la materia orgánica se elimine totalmente y no pase a otro medio (ej. líquido a sólido,...) para posteriormente no tener que tratar el otro medio. Por este motivo se descarta la opción de adsorción. Se descarta también la opción de tratamiento con membranas porque el mantenimiento de éstas, hace no rentable económico el proceso, de momento.

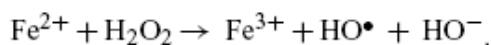
Las opciones restantes, adecuadas para esta corriente, son los tres tipos de Fenton (tradicional, electro e intensivo).

El método que mejor se adapta a este proyecto es el Fenton tradicional, ya que es el más utilizado, por el momento, industrialmente y por lo tanto hay datos bibliográficos con caudales y concentraciones industriales. Este hecho es clave para

poder diseñar el tratamiento, por esta razón y las mencionadas anteriormente, se ha elegido. Cabe decir, que si las alternativas (electro y intensivo) pasan a utilizarse en plantas piloto o industrial, a gran escala, pasarían a ser la opción elegida, pues la producción de lodos de ambos métodos es muy inferior a los producidos por Fenton.

El método Fenton es una alternativa especialmente relevante, con agentes químicos que transforman los contaminantes orgánicos en compuestos inocuos, dióxido de carbono y agua, por un proceso de oxidación. Además la oxidación tiene lugar en rangos ácidos de pH, sin necesidad de recurrir a altas presiones o temperaturas, y utilizando equipamiento convencional.

El agente responsable de la oxidación es el radical hidroxilo $OH\cdot$. Este radical libre es en extremo reactivo y se forma por la descomposición catalítica del peróxido de hidrógeno en un medio ácido. El poder de oxidación de este radical es únicamente superado por el flúor, como se puede observar en la Tabla 7.



Reacción 1

Tabla 7 Poder oxidante de distintos agentes relativos al cloro

Fluor	2.23
Radical Hidroxilo	2.06
Oxígeno Atómico	1.78
Peróxido de Hidrógeno	1.31
Permanganato	1.24
Dióxido de Cloro	1.15
Ácido Hipocloroso	1.10
Cloro	1.00
Bromo	0.80
Iodo	0.54

El método debe ser efectivo para los compuestos concretos presentados en la Tabla 5, principalmente acetaldehído, cloroacetaldehído y di- cloroacetaldehído. Como se puede ver en la Tabla 8, estos compuestos sí son susceptibles de degradación mediante Fenton tradicional.

Tabla 8 Compuestos orgánicos susceptibles de oxidación mediante Fenton tradicional

ÁCIDOS	ALCOHOLES	ALDEHIDOS	AROMÁTICOS	AMINAS	OTROS
Cadena abierta: Fórmico Propiónico	Cadena abierta: Metanol Etanol Isopropanol tert - Butanol	Cadena abierta: Formaldehido Acetaldehido Isobutiraldehido Gioxal	Monocíclicos: Benceno Fenol Hidroquinona	Cadena abierta: Dietilamina Dimetilformamida n - Propilamina Propilendiamina	Eteres: Tetrahidro Furano
Monosustituido: Láctico Málico	Cíclicos: Fenil metanol (bencílico)	Cíclicos: Benzaldehido	Policíclicos: Tolueno Xileno	Cíclicos: Anilina	Cetonas: Metil-ethyl- cetona Dihidroxi - acetona
Polisustituidos: Glucónico Tartárico	Pololes: Etilen glicol Glicerol Propilendiol	Sustituidos: Tricloro acetaldehido	Sustituidos: Clorobenceno Clorofenoles Trinitrotolueno para - Nitrofenol	Derivados: Ácido etilen dinitrilo tetracético Explosivos (RDX o Aciclonita)	Varios: Antra - quinona Pigmentos (mono y diao)

Una vez escogido el método óptimo, se llevaría a cabo en planta piloto para ver el funcionamiento real a una escala previa a la industrial. Este paso es muy importante y de imposible realización por nuestra parte. Sería realmente en el estudio piloto cuando se decidiría el método óptimo de tratamiento de esta corriente con compuestos tóxicos y no-biodegradables. Las pruebas indispensables a la salida del tratamiento serían la toxicidad, la biodegradabilidad, el pH y la cantidad de DQO. Con estos resultados se podría evaluar la viabilidad del método Fenton para este corriente en concreto y decidir si se lleva a cabo a escala industrial o se opta por otros procesos, antes mencionados.

Cabe decir que se plantearon otros métodos como la hidrogenación, pero se descartaron ya que es un método de tratamiento para el crotonaldehído y éste debe estar en purezas cercanas al 99%, además de estar en fase vapor, requerimientos que no se cumplen en la corriente a tratar. Otro método planteado fue uno basado en oxidación con agua supercrítica, otro en oxidación húmeda y otro basado en oxidación en reactores con sales (MSO), se descartaron por falta de información a escala industrial, pero sobre todo por el elevado coste de operación (altas temperaturas y presiones)

6.4.1.2. Reactor Fenton (H_2O_2/Fe^{2+})

Una vez que los estudios de factibilidad a escala piloto han sido completados, el método de oxidación química puede escalarse a tamaño industrial utilizando un esquema de tratamiento representado en la *figura 1*, el cual consta de dos reactores, uno donde tiene lugar la oxidación y otro la neutralización, y un sedimentador para la separación de fases, sólida y líquida.

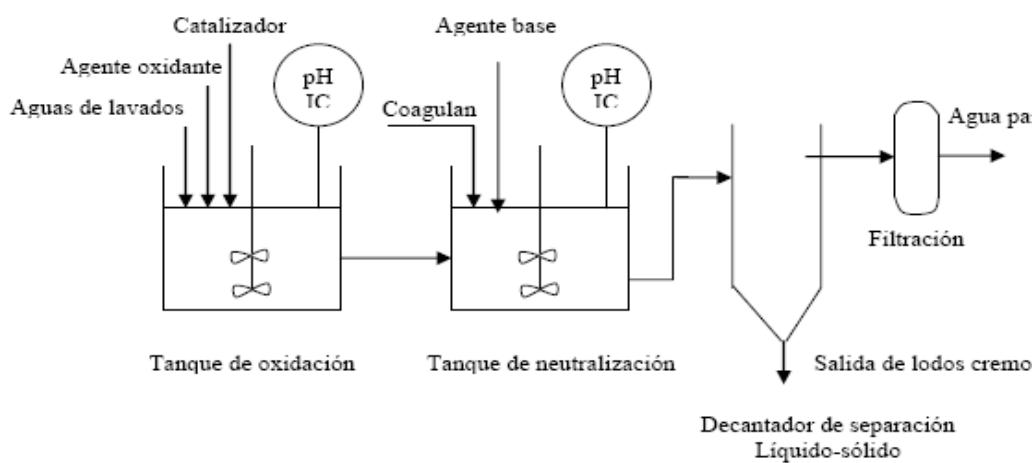


Figura 1 Esquema de proceso Fenton a escala industrial

El reactor Fenton (tanque de oxidación) puede operar a presión atmosférica o presurizado, si se desea operar a temperaturas mayores para una mayor efectividad. En este último caso, el calor de oxidación permite alcanzar una mayor velocidad de reacción y disminuir el tiempo necesario para alcanzar elevados rendimiento en la degradación. A presión atmosférica, el rango recomendable de operación es entre 40 y 50 °C, ya que si se sobrepasa los 50 °C, ocurre una descomposición acelerada del peróxido de hidrógeno en oxígeno y agua. Operando a presiones de hasta 3 atmósferas se pueden alcanzar temperaturas superiores a los 100 grados sin riesgo de descomposición del peróxido. Se ha diseñado el reactor Fenton, R-801, a presión atmosférica y a una temperatura controlada, con sistema de refrigeración de media caña, de 40 °C. Es necesario realizar pruebas experimentales para determinar el calor de reacción liberado por la oxidación y así poder determinar el área de intercambio de la media caña.

Para el seguimiento y control de la oxidación las mediciones más relevantes son la temperatura, ya mencionada, y el nivel de acidez o pH. Idealmente, el pH debe mantenerse en un rango ácido de entre 2 y 4, para evitar así la precipitación del catalizador que tiene lugar cuando el pH es mayor a 5, y para generar la mayor cantidad de radicales hidroxilos, por estas razones se ha elegido un pH de 2,8. Tampoco es conveniente que sea inferior a 2,8 ya que la reacción es más lenta debido a la formación de complejos.

En el primer reactor hay tres corrientes de entrada más, dos son en continuo y el otro en modo de control de pH, ácido sulfúrico al 98%. La reacción con peróxido de hidrógeno y el ion hierro proporciona radicales hidroxilos encargados de oxidar los compuestos orgánicos presentes (reacción 1). El peróxido de hidrógeno, agente oxidante, está en modo de disolución acuosa al 50% ya que al 100% no se maneja por cuestiones de seguridad, por su elevada reactividad. El catalizador, sulfato de hierro heptahidratado, se usa en cantidades pequeñas, también es adicionado en continuo, en forma sólida, mediante un tornillo sin fin. La adición es en forma sólida ya que la solubilidad del sulfato de hierro en agua es de 48,6g/100g de agua, es decir 486 g /l y para la corriente a tratar son necesarios 6 g/l¹. Ambos reactivos principales los proporciona la empresa comercial Godó, Igualada, y los precios se pueden ver en la Tabla 9.

Tabla 9 Precios de los reactivos Fenton

Producto	Precio €/tn
H ₂ O ₂ (50% w/w)	330
FeSO ₄ ·7H ₂ O	305
Ca (OH) ₂	140

Una vez elegido el método de tratamiento, se optó por la búsqueda de diferentes artículos relacionados, con datos experimentales. Mediante las relaciones DQO/H₂O₂ presentadas en cada artículo, se calculó lo que costaría para nuestra corriente. Se compararon cuatro para elegir el más óptimo económico.

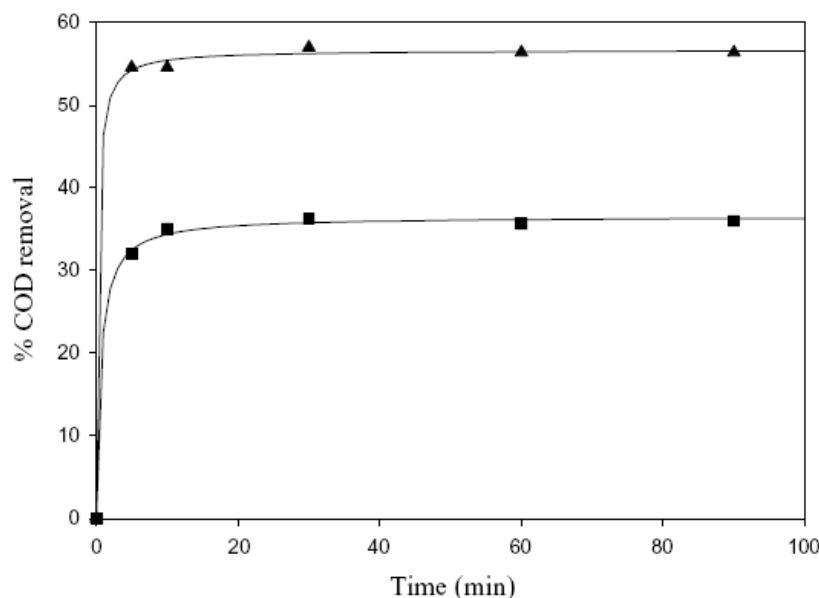
¹ Ver 11.3.1.2 Manual de Cálculo

Tabla 10 Comparación económica de cuatro artículos del precio por día de peróxido de hidrógeno

Precio	[4]	[2]	[1]	[3]
€/día	1680	3480,74	1474	2900,62

Como se puede observar en la Tabla 10, el artículo a seguir, según los resultados de comparación económica, corresponde al [1]. Este artículo presenta contaminantes como biguanidas, guanidinas y triaminas. Aunque no sean compuestos de la familia de los aldehídos, se ha hecho prevalecer el alto valor de DQO que presenta la corriente de dicha fuente bibliográfica (362000 mg/l) frente el tipo de contaminantes, ya que la corriente a tratar presenta valores de DQO poco frecuentes en artículos con datos experimentales.

También se ha optado por escoger esta fuente bibliográfica debido al estudio del porcentaje de eliminación de DQO frente al tiempo de residencia, presentando valores de eliminación máximos (alrededor del 50-60%) en aproximadamente 10 minutos. Este hecho permite volúmenes del reactor bajos.

**Figura 2** Porcentaje de eliminación de DQO frente tiempo de residencia

Se puede observar en la figura 2 el tiempo de residencia óptimo para la oxidación. En 10 minutos, se elimina el 90 % del máximo a oxidar (56%) mediante este método. Por esta razón se ha elegido un tiempo de residencia de 10 minutos para el primer reactor Fenton.

La máxima eliminación de DQO se produce cuando la concentración presente en el primer reactor Fenton es de 0,3 M de Fe^{2+} y de 3 M de peróxido de hidrógeno.

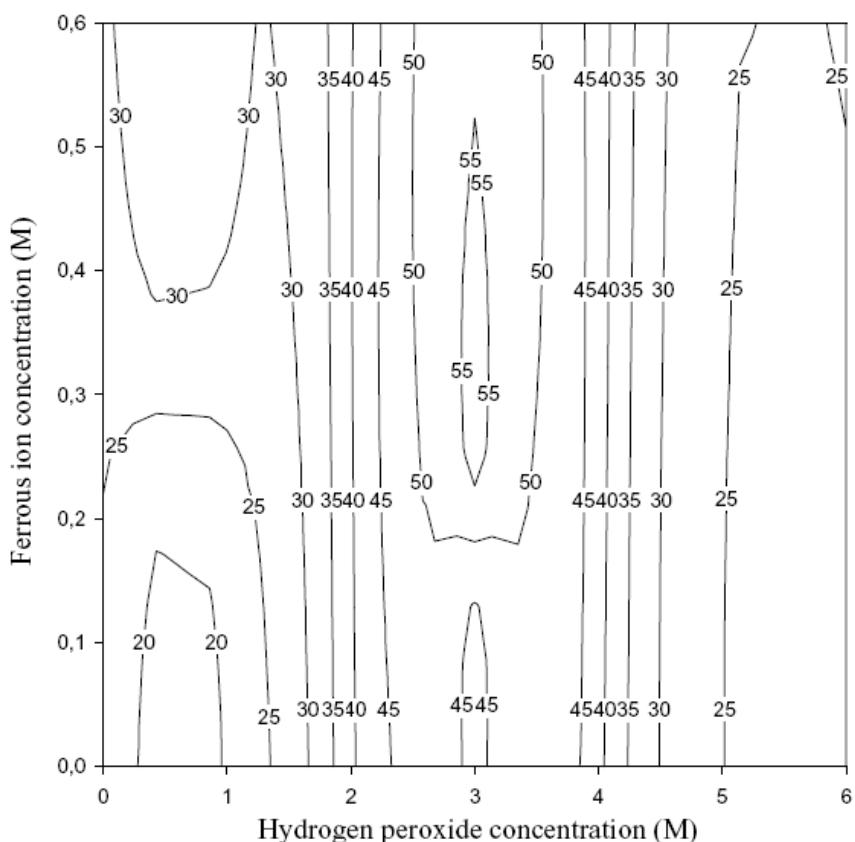


Figura 3 Porcentajes de eliminación de DQO en función de la concentración de Fe^{2+} y H_2O_2

A partir de los valores de concentración, de ambos reactivos, que ofrecen una máxima eliminación de DQO, se calculan las relaciones para el cálculo posterior de concentración de ambos reactivos, adaptado a nuestra corriente a tratar.

[1] Datos del artículo:

DQO= 362000 mg/l

$$[\text{H}_2\text{O}_2] = 3 \text{ M}$$

$$[\text{Fe}^{2+}] = 0,3 \text{ M}$$

$$\text{H}_2\text{O}_2 = \frac{3 \text{ mol}}{l} * \frac{34 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 102 \text{ g/l}$$

$$\text{Fe}^{2+} = \frac{0,3 \text{ mol}}{l} * \frac{55,847 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 16,75 \text{ g/l}$$

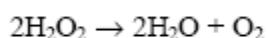
$$\text{Relaciones: } \frac{[\text{H}_2\text{O}_2]}{[\text{DQO}]} = \frac{102 \text{ g/l}}{362 \text{ g/l}} = 0,282 \frac{\text{g}}{\text{g}}$$

$$\frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{DQO}]} = \frac{16,75 \text{ g/l}}{362 \text{ g/l}} = 0,04628 \frac{\text{g}}{\text{g}}$$

Para el cálculo de concentración de peróxido de hidrógeno y de ion hierro necesaria para nuestra corriente, basta con saber la concentración de DQO presente (25,4 g/l)².

6.4.1.3. Reactor neutralización (Ca(OH)2) y sedimentación

En el reactor de neutralización, R-802, se añade continuamente lechada de cal al 25 % en peso (Ca (OH)₂), proveniente del tanque disolución, TD-801. De este modo se consigue aumentar el pH hasta un valor de 8, mediante un sistema de control de pH, para así descomponer el posible peróxido de hidrógeno no reaccionado, en compuestos inocuos, agua y oxígeno.

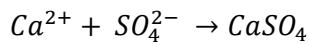
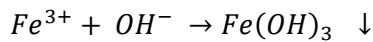
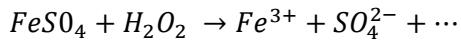


La lechada de cal es una suspensión de hidróxido de calcio al 25% en peso. Se ha optado por este tipo de agente neutralizador por ser más económico que otros como la sosa. El mayor inconveniente es que presenta dificultades a la hora de disolverse, que se puede contrarrestar produciendo previamente a la adición la lechada de cal en vez de añadir directamente la cal al reactor de neutralización.

² Ver cálculos en 11. Manual de Cálculo, 11.3.1 Fenton

Resulta más económico disponer de la cal en polvo y producir la lechada que adquirirla directamente.

Con el aumento de pH también se consigue hacer precipitar el hierro restante del anterior reactor, en forma de hidróxido de hierro, así como el calcio, en forma de yeso, con el ion sulfato restante del catalizador, en función de su solubilidad.



A parte de conseguir la precipitación de dichos compuestos, con este paso de neutralización más sedimentación, se logra aumentar el porcentaje de eliminación total de compuestos orgánicos. El porcentaje pasa de ser un 56 % a un 70%. Este hecho es muy importante ya la corriente presentará mayor biodegradabilidad y menor toxicidad, permitiendo la entrada de ésta a un proceso de eliminación biológico.

Los parámetros de tiempo de residencia del reactor de neutralización, así como la velocidad de agitación se encuentran en fuentes bibliográficas, tipo artículo con datos experimentales reales³. Se recomienda realizar estudios experimentales de tales parámetros con valores de nuestra corriente a tratar, para así obtener el valor óptimo real.

En el sedimentador, SE-801, permite precipitar el exceso de catalizador, el yeso no soluble y agregados de materia orgánica.

Se ha elegido un sedimentador tipo primario ya que los precipitados son sólidos visibles. Esta unidad tiene como objetivo la eliminación de materia en suspensión y materias flotantes presentes en el efluente a tratar. Para el diseño de esta unidad se establecen como parámetros, la velocidad de sedimentación de floculos de hierro y tiempo de retención.

³ Ver bibliografía capítulo 6, Fenton

Tabla 11 Datos bibliográficos para los compuestos a sedimentar

Nature of solids	Settling velocity (mm s ⁻¹)	Retention time for settling to occur in 3 m deep tank (hours)
Clay, silt	0.07	11.9
Primary organic waste	0.42	1.98
Aluminium and iron flocs	0.83	1.00
Activated sludge	2.00	0.42
Grit	20.00	0.042

A partir de los datos proporcionados en la [tabla 7](#) se sigue los pasos marcados para el diseño final del sedimentador, es decir, área de sedimentación, altura útil, longitud y ancho⁴.

Aunque los datos bibliográficos han sido corroborados por diferentes fuentes y por lo tanto sean fiables, se propone realizar pruebas al laboratorio de velocidades de sedimentación con muestras con concentraciones similares a las presentes en la corriente a tratar.

Actualmente existen muchos tipos de sedimentadores; se clasifican, de acuerdo con la forma de su planta, en rectangulares, circulares y cuadrados.

Los decantadores rectangulares presentan una ventaja y es que la implantación es más compacta, aunque su costo es más elevado que los circulares.

Para la remoción continua de lodos, se utilizan sistemas mecánicos denominados barrelodos. Los tipos más usuales de sistemas de barrido de lodos de sedimentadores rectangulares: cadenas con paletas (con y sin desnatador) y puente con sistema de palas o de succión.

Se ha elegido un sedimentador tipo rectangular de cadena con paletas, sin desnatador, como se observa en las figuras [4 y 5](#).

⁴ Ver 11. manual de cálculo, 11.3.1 Fenton

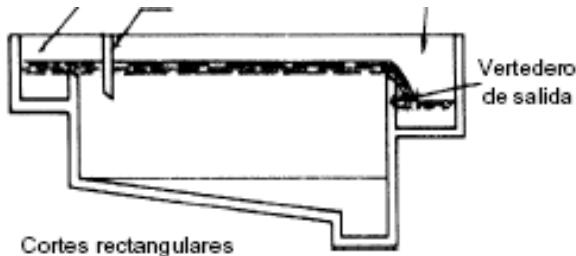


Figura 4 Sedimentador rectangular

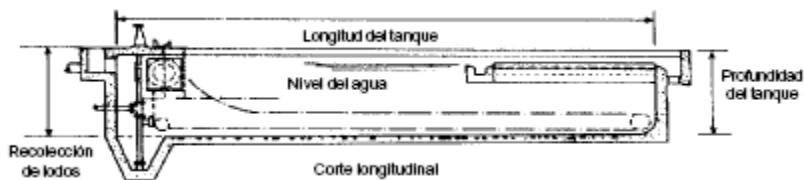


Figura 5 Remoción de barros en continuo con paletas

La remoción de lodos, de forma continua, es llevada a un filtro prensa para deshidratación de lodos y así poder recircular el agua y abaratar los costes de transporte, ya que si están deshidratados pesan menos y ocupan menos volumen.

Una empresa especializada en gestionar residuos sólidos será la encargada de transportarlos y tratarlos, ya que es necesario un tratamiento especial por parte de una empresa cualificada.

En la bibliografía se han encontrado alternativas a la recogida y gestión de lodos metálicos, que plantean la posibilidad de la regeneración in-situ de los lodos, para así poder recircularlos y no generar tal volumen de residuos sólidos. Una de las propuestas propone un seguido de pasos como: deshidratación, secado a altas temperaturas y disolución con ácido sulfúrico 6M. La otra propuesta opta por una regeneración electroquímica, con consumo elevado de electricidad. El fin de estas propuestas es muy atractivo y parece ser la solución a la generación insostenible de lodos, pero carece de propuestas rentables a escala industrial.

Según los requisitos calculados de reactivos Fenton, la operación saldría por 2300 € por día. Cabría ver la posibilidad de realizar un estudio de viabilidad económica.

Tabla 12 Precio de reactivos Fenton por día

	€/día
FeSO ₄	538
H ₂ O ₂	1475
Ca(OH) ₂	287
Total	2300

Estos reactivos dispondrán de una zona en el área 800 de almacenamiento, cubierta ya que en las fichas de seguridad de dichos reactivos, se especifica que no les debe tocar la luz directa del sol. También se ha pensado en el acceso a camiones, que acudirán con una periodicidad de cuatro días.

El método en general elimina el 70 % de la DQO presente en el efluente, siendo imposible realizar el cálculo de eliminación concreto para cada compuesto. La disposición de los dos reactores así como el sedimentador, está pensada de tal modo que no sea necesaria la impulsión mediante bombas, aprovechando la fuerza de la gravedad. Finalmente decir que es muy importante llevar a cabo este procedimiento a escala piloto antes de hacerlo a escala industrial, para comprobar que realmente se cumplen las expectativas y las condiciones para un procesado biológico posterior.

6.4.2. Tratamiento biológico

Es evidente que el efluente resultado de la etapa de oxidación avanzada con precipitación debe continuar siendo tratado, ya que la DQO es todavía muy elevada y muy probablemente, todavía hay concentraciones demasiado elevadas de compuestos peligrosos. Determinar el siguiente paso a seguir tiene dos dificultades: por una parte, la imprevisibilidad de la composición de la corriente y por otra, la falta de datos experimentales sobre tratamientos de mezclas con características similares. Hay que hacer pues varias suposiciones. En primer lugar, se considera toda la DQO en su globalidad, de manera que el 70% de eliminación supuestamente conseguido durante el proceso Fenton es sobre el total de la DQO, sin tener en cuenta la previsible diferencia de eficacia del proceso en función de la naturaleza de la especie; también

se tiene en cuenta a todos los efectos que toda esta DQO es de una u otra manera biodegradable, ya que no se han encontrado datos de la relación DQO/DBO.

Se contempla entonces una corriente de unos 13 m³/h, una DQO de 9000ppm y un pH ligeramente básico. Hay tres tipos de compuestos: el crotonaldehído, los aldehídos clorados y el acetaldehído. En primer lugar, se descarta continuar con más procesos de oxidación avanzada en serie al anterior porque estos son menos eficientes cuanto menor es la concentración. La incineración tampoco se ve una alternativa viable por la gran cantidad de agua de la corriente, que debería ser evaporada con el consecuente gasto de energía.

Los tratamientos encontrados para cada uno de los compuestos presentes por separado son los siguientes, dejando de lado las oxidaciones avanzadas no catalizadas:

- Crotonaldehído: Adsorción, hidrogenación catalítica, oxidación catalítica, oxidación en agua supercrítica.
- Aldehídos clorados: Biodegradación.
- Acetaldehído: Biodegradación, adsorción.

Tanto los aldehídos clorados como el acetaldehído son de una forma u otra biodegradables . Los primeros son más complicados, pero forman parte de las rutas biológicas de algunos microorganismos y se ha demostrado que hay bacterias que los pueden oxidar totalmente; no obstante, seguramente se requiere una biomasa especializada.

El que presenta más problemas es el crotonaldehído. Se han encontrado algunos documentos donde se indica que tiene cierta capacidad para ser biodegradado, pero la tendencia es a degradarlo químicamente hasta especies como furano, ácido maleico o ácido crotónico. Se descarta la adsorción porque solamente se ha encontrado una referencia específica que indica una eliminación de únicamente el 46% y para concentraciones bastante más elevadas que el presente caso (generalmente, la adsorción es un proceso que pierde eficacia cuanto más disminuye la concentración de la especie a adsorber); además, la teoría dice que los aldehídos no son especies especialmente recomendadas para ser adsorbidas. El resto de opciones, aunque podrían dar resultados muy satisfactorios en cuanto a degradación si más no, parcial, aún están en fase experimental y, además, por las condiciones de operación y/o materias primas requeridas (los catalizadores, por ejemplo) se prevén

excesivamente caras; los estudios hechos a escala laboratorio consultados se han realizado con soluciones puras de crotonaldehído y a concentraciones más elevadas.

El diagnóstico es: una corriente acuosa de un caudal considerable con tres tipos de especies orgánicas en disolución, uno de relativa sencilla biodegradabilidad y más presente (acetaldehído), otro de biodegradabilidad más compleja pero factible y un último de elevada toxicidad y biodegradabilidad limitada y con una concentración unas 7 u 8 veces menor que los otros.

La opción principal que se quiere defender es un tratamiento biológico de esta corriente, por todo lo explicado hasta ahora. En ningún caso se recomienda hacer la instalación propuesta directamente, ya que las incertezas expuestas hacen imprescindible pruebas a escala piloto previas a la construcción definitiva, sea cual sea la opción. De hecho, no se descarta que previo a la etapa biológica haga falta algún tipo de tratamiento químico o físico que degrade parcialmente las especies, convirtiendo en más fácilmente biodegradable la corriente o incluso substituir la etapa biológica por una totalmente química o física. Hasta que no se demuestre la inviabilidad de cualquier tratamiento, se descarta contratar a una empresa externa para que recoja y gestione este residuo por dos razones: es poco eficiente económico hablando mover un volumen tan grande de agua con concentraciones tan relativamente bajas y, la segunda, por un sentido de responsabilidad en relación a los residuos generados demostrando que quien sabe ensuciar, debe saber limpiar.

Los principales peligros para que no se pueda proceder con un tratamiento biológico son la toxicidad de las especies y la alta carga de DQO.

El proceso biológico constará de dos etapas principales. Por un lado, el efluente de la etapa Fenton será tratado en dos reactores secuenciales discontinuos en paralelo (SBR en siglas inglesas); el resultado se mezclará con la purga de la salida de colas de la segunda torre de destilación una vez neutralizada para introducir la corriente resultante en un reactor biológico continuo de fangos activados, seguido de un sedimentador secundario.

6.4.2.1 Reactores biológicos en discontinuo (SBRs)

Un SBR (sequencing batch reactor) es un reactor biológico de fangos activados que trabaja en discontinuo, es decir, se carga con la corriente a tratar y se deja reaccionar para posteriormente descargarlo; a todo este proceso se le denomina ciclo. Ésta es la diferencia fundamental con un típico reactor biológico de fangos activados continuo, habitual de las EDARs, por ejemplo.

Las ventajas operacionales principales frente a un reactor continuo son que no necesitan un decantador secundario, con el consiguiente ahorro de espacio, son más versátiles y flexibles tanto en cuestión de caudal como de condiciones de operación.

No obstante, las ventajas más importantes que ofrecen para el presente caso son que los SBR facilitan más el crecimiento y control de la biomasa requerida, así como el control de las condiciones óptimas.

Por todo ello, los SBRs son cada vez más usados en la industria, ya que permiten un tratamiento específico para aguas no convencionales, potencialmente cambiables y de caudal no constante.

El mayor inconveniente es que al trabajar en discontinuo y el proceso ser en continuo, se requiere o bien tener un tanque pulmón previo o instalar dos o más SBRs en paralelo trabajando secuencialmente (no confundir con la “secuencialidad” de un SBR, que se refiere a las diferentes etapas seguidas de las que consta un ciclo). Se ha optado por la segunda opción.

A) Diseño

Dado el gran número de interrogantes, el diseño se puede realizar de dos formas: suponer datos de cinéticas de la biomasa y conversiones y diseñar un SBR a medida de éstas o tomar datos típicos de diseño de SBRs; ambas opciones son poco determinantes, pero pueden dar una idea aproximada del volumen del equipo. Se usarán datos típicos del diseño de SBRs para estimar un volumen final. El material de construcción es hormigón armado.

La referencia principal ha sido el libro “*Wastewater engineering: treatment and reuse*” (Tabla 12, penúltima fila) aunque también se han consultado otras fuentes (Tabla 13 y ejercicio sobre SBRs realizado en la asignatura Ampliación de Tecnología Ambiental)

Tabla 12 – Parámetros de diseño típicos de procesos de fangos activados (Metcalf & Eddy)

Typical Design Parameters for Commonly Used Activated-Sludge Processes^a

Process Name	Type of Reactor	SRT, d	F/M kg BOD/kg MLVSS.d	Volumetric Loading		MLSS, mg / L	Total τ , h	RAS, % of Influent ^e
				lb BOD / 1000 ft ³ .d	kg BOD / m ³ .d			
High-rate Aeration	Plug Flow	0.5-2	1.5-2.0	75-150	1.2-2.4	200-1000	1.5-3	100-150
Contact Stabilization	Plug Flow	5-10	0.2-0.6	60-75	1.0-1.3	1000-3000 ^b 6000-10000 ^c	0.5-1 ^b 2-4 ^c	50-150
High-Purity Oxygen	Plug Flow	1-4	0.5-1.0	80-200	1.3-3.2	2000-5000	1-3	25-50
Conventional Plug Flow	Plug Flow	3-15	0.2-0.4	20-40	0.3-0.7	1000-3000	4-8	25-75 ^f
Step Feed	Plug Flow	3-15	0.2-0.4	40-60	7.0-1.0	1500-4000	3-5	25-75
Complete Mix	CMAS	3-15	0.2-0.6	20-100	0.3-1.6	1500-4000	3-5	25-100 ^f
Extended Aeration	Plug Flow	20-40	0.04-0.10	5-15	0.1-0.3	2000-5000	20-30	50-150
Oxidation Ditch	Plug Flow	15-30	0.04-0.10	5-15	0.1-0.3	3000-5000	15-30	75-150
Batch Decant	Batch	12-25	0.04-0.10	5-15	0.1-0.3	2000-5000 ^d	20-40	NA
Sequencing Batch Reactor	Batch	10-30	0.04-0.10	5-15	0.1-0.3	2000-5000 ^d	15-40	NA
Countercurrent Aeration System (CCAS TM)	Plug Flow	10-30	0.04-0.10	5-10	0.1-0.3	2000-4000	15-40	25-75 ^f

Tabla 13 – Parámetros de diseño típicos de SBRs (AquaSBR Design Manual)

TABLE 1 KEY DESIGN PARAMETERS FOR A CONVENTIONAL LOAD

	Municipal	Industrial
Food to Mass (F:M)	0.15 - 0.4/day	0.15 - 0.6/day
Treatment Cycle Duration	4.0 hours	4.0 - 24 hours
Typically Low Water Level Mixed Liquor Suspended Solids	2,000-2,500 mg/L	2,000 - 4,000 mg/L
Hydraulic Retention Time	6 - 14 hours	varies

Source: AquaSBR Design Manual, 1995.

La corriente a tratar tiene las siguientes características (tabla 14):

Tabla 14 – Características de la corriente a tratar

Temperatura (°C)	40
Caudal (m ³ /h)	13,2
S (ppm)	9140

S es el alimento expresado en kg de O₂, es decir, la cantidad de O₂ necesaria para oxidar químicamente toda la materia orgánica presente.

Tras realizar varios cálculos, se han determinado los siguientes valores para los parámetros de diseño (tabla 15):

Tabla 15 – Parámetros de diseño

t ciclo (h)	# SBRs	SVI (mg/l)	X (mg/l)	t reacción (h)
8	2	100	4000	4

- t ciclo es el tiempo que dura un ciclo entero, que consta de 5 etapas: llenado, reacción, sedimentación, vaciado y reposo.
- SVI es el “Sludge Volumetric Index” y da una idea de la sedimentabilidad de la biomasa.
- X es la concentración de biomasa presente en el reactor
- t reacción es el tiempo de aireación, entendiendo que la reacción biológica es aerobia y que, por lo tanto, sólo se da cuando hay aireación.

Con todos estos datos se pueden calcular los diferentes volúmenes de operación de un SBR, tal y como se explica en el manual de cálculo (capítulo 11).

$$V_T = \text{volumen total} = 101,54 \text{ m}^3$$

$$V_F = \text{volumen de carga-descarga en cada ciclo} = 52,8 \text{ m}^3$$

$$V_S = \text{volumen restante para el agua decantada} = 48,74 \text{ m}^3$$

Para garantizar una buena aireación, no se recomienda que la columna de líquido exceda los 6m, por lo que se ha decidido que el tanque opere a una altura de 4,5m y tenga una altura de 5m, por seguridad; con un diámetro de 5,6m, el volumen de operación será de 110,84 m³ y el total del tanque de 123,15 m³.

La carga orgánica, ($F/M = 0,3$), calculada a partir de estos datos está fuera de rango en la tabla 9 (0,04-0,1) pero no en la 10 (0,15-0,6), así que se da por válida con cautela.

El tiempo de residencia hidráulico (15,4h), en cambio, entrar en el rango de la primera tabla (15-40h), muy cerca del límite inferior.

B) Operación

Los tiempos para cada etapa de un ciclo son:

- Tiempo de aireación (exclusivamente), $t_A = 2h$
- Tiempo de sedimentación, $t_S = 0,5h$
- Tiempo de descarga, $t_D = 1h$
- Tiempo de reposo, $t_l = 0,5h$
- Tiempo de llenado, $t_F = t_A + t_S + t_D + t_l = 2+0,5+1+0,5 = 4h$
- Duración del ciclo, $t_D = t_F + t_A + t_S + t_D + t_l = 4h + 4h = 8h$

El procedimiento operacional es el siguiente:

La salida del sedimentador del proceso Fenton se bifurca en dos ramas hacia los dos SBRs mediante una válvula de tres vías divisora que puede regular automáticamente el sentido del flujo; es decir, cada 4 horas, la válvula abre el paso a la corriente hacia el SBR que se encuentra vacío cerrando el paso al otro. Las dos últimas horas de llenado se comienza la aireación para respetar las 4h de reacción propuestas. Durante las 4h que dura el llenado del SBR vacío, en el otro transcurre la etapa de aireación, la sedimentación sin aireación de los lodos, la descarga del volumen predeterminado y se le da un tiempo de reposo para poder ajustar mejor los tiempos anteriores o realizar pequeñas tareas de mantenimiento. No hace falta agitación mecánica ya que la aireación debe ser suficiente para asegurar un medio suficientemente homogéneo.

La aireación está controlada con un lazo de oxígeno disuelto, para mantener la concentración de éste en unos 2 mg/l. Además, cada reactor cuenta con sondas de pH y temperatura para poder hacer un seguimiento de estos parámetros, así como con controles periódicos de concentración de biomasa, sólidos, nutrientes, DQO y específicos de cada compuesto que se realizan en el laboratorio.

En todos los SBRs tiene que haber una purga de sólidos que contrarreste el crecimiento de la biomasa; esta purga está siempre relacionada con la velocidad de crecimiento de los microorganismos, pero al carecer de esta información, se ha supuesto una purga igual al 1% del caudal de entrada es decir, 0,49 m³/ciclo, que son deshidratados en un decantador centrífugo.

Según las necesidades, la flexibilidad de los SBRs permite con pequeñas modificaciones hacer una entrada escalonada del alimento para evitar que la concentración de tóxicos exceda cierto valor, combinar etapas aerobias y anaerobias en caso de que sea útil, aumentar o disminuir el tiempo de aireación o añadir los nutrientes necesarios.

La descarga es cuatro veces más rápida que la carga, así que para mantener un caudal constante a la entrada del reactor biológico continuo y así evitar unos picos de caudal demasiado bruscos, se ha decidido instalar un tanque pulmón, cuya finalidad es proporcionar un caudal constante al R-803. Las salidas de los SBRs también van a una tubería común a través de una válvula de tres vías mezcladora, que regula el paso del líquido de un u otro tanque. La descarga se realiza con una bomba que actúa una hora cada 4 y el resto está apagada, impulsando el líquido del SBR que se ha de vaciar.

Con este sistema de SBRs se pretende eliminar la mitad de la carga orgánica (dato arbitrario, pero en principio bastante conservativo comparado con el porcentaje de eliminación de otros SBRs ya instalados), para lo que se requerirían unos 1450 kg de O₂/día; este cálculo se ha hecho sin tener en cuenta la materia orgánica que es consumida durante el crecimiento celular y que no requiere oxígeno, por lo que cabría esperar que la cantidad de oxígeno necesaria realmente fuera algo menor. El oxígeno que se proporciona proviene del aire del ambiente (es decir, hace falta un caudal volumétrico de aire 5 veces mayor que el requerido de oxígeno, en total, unos 150 m³/h durante las horas de aireación) y se insufla con difusores.

6.4.2.2 Tanque pulmón TP-801

La capacidad del tanque pulmón tiene que ser lo suficientemente grande como para, manteniendo un caudal de salida constante de 13,2 m³/h, albergar el volumen aportado por la entrada discontinua proveniente de los SBRs. Planteando un balance de materia con acumulación y suponiendo una densidad igual a la entrada y a la salida, se determina que este volumen es de 39,2 m³. Con unas dimensiones de 3,5 m de diámetro y 5 de altura, se consigue un volumen final de 48,11 m³, dotándolo así de unos 9 m³ de volumen de seguridad. También está fabricado en hormigón armado.

Una alternativa a estudiar es aumentar la inversión de dinero y espacio y construir un tanque pulmón de iguales características que los SBRs para que pueda ser utilizado como reactor en caso de que uno de los otros dos se quede inoperativo.

6.4.2.3 Neutralización de la purga

La purga es una corriente acuosa de unos 25 m³/h con una concentración de ácido acético de 2,25 kg/m³ o 0,037 kmol/m³, que le confiere un pH de 3,1 y una DQO de alrededor de 2400 ppm. Esta corriente se debe neutralizar antes de que entre al reactor biológico, labor que se lleva a cabo en el reactor R-803 añadiendo la misma solución de lechada de cal utilizada en la neutralización del proceso Fenton, proveniente del TD-801; este proceso está automatizado mediante un lazo de control, que mide el pH y dosifica la lechada en consecuencia. En condiciones normales, se añaden 0,12 m³/h de lechada para obtener un pH de alrededor de 6,5.

Las reacciones de neutralización son exotérmicas, así que se ha calculado el aumento de temperatura que sufriría la mezcla; se constata que este incremento es insignificante (0,5 °C aprox.), por lo que no se propone la instalación de ningún sistema de intercambio de calor.

Las reacciones de neutralización suelen ser bastante cortas, así que se supone que con 10 minutos de tiempo de residencia debería ser más que suficiente. Finalmente, el volumen total es de 9,42 m³, bastante sobredimensionado para prevenir avenidas de purgas más grandes de lo previsto.

6.4.2.4 Reactor biológico continuo y sedimentador secundario

Se propone juntar las corrientes de la purga y de la salida de los SBRs, ya que se supone que la toxicidad de esta última habrá disminuido y la biodegradabilidad aumentado, por lo que ambos serán de características similares. La suma de las dos corrientes, la de los SBRs y la de la purga de la D-302, da como resultado una corriente de 38,7 m³/h de caudal y de carga orgánica moderada (3140ppm de DQO), gran parte de la cual es ácido acético, muy fácilmente biodegradable y pH neutro. Se opta pues por un tratamiento biológico aerobio de fangos activos en continuo para acabar de disminuir la carga orgánica hasta los límites buscados. A la salida del reactor se instala un sedimentador secundario que clarifica el agua para poder ser vertida y para aumentar el tiempo de residencia celular, se recircula una parte de la parte decantada, rica en biomasa

A) Reactor biológico continuo

Del mismo modo que en el diseño de los SBRs, se han tomado valores típicos de diseño de reactores biológicos continuos de mezcla completa (fila 6 de la tabla 9). Es de esperar que estos valores se ajusten más fielmente a los reales que en el caso de los SBRs por tratarse de aguas bastante comunes. Para hacer los cálculos del tiempo de residencia hidráulico, la carga orgánica y la volumétrica se ha tenido en cuenta únicamente el caudal del alimento sin sumar el caudal de recirculación, ya que es la manera en la que se calculan estos parámetros por convenio; esto es así porque se considera por una parte el reactor y el sedimentador como un sistema (las recirculaciones internas entonces no son entradas ni salidas del sistema) y por otra que el volumen de reacción es exclusivamente el reactor.

En primer lugar, se ha elegido un tiempo de residencia hidráulico dentro del rango: 4h. Teniendo en cuenta el caudal de alimento, éste corresponde a un volumen de 159,2 m³. Se ha elegido asimismo una concentración de biomasa de 3500 ppm. Se han calculado otros parámetros a partir de este dato para cerciorarse de que entran dentro de los rangos de la tabla 9, como la carga orgánica y la volumétrica, con resultados satisfactorios: F/M = 0,32 y CV = 1,14. Por lo tanto, se toma este volumen como válido. No obstante, el volumen final ha de ser algo mayor por seguridad, obteniendo así un tanque de 176,3 m³, con un diámetro de 6,7m y una altura de 5m, aunque la altura de trabajo será de 4,5m para no impedir la aireación.

Suponiendo que se elimina la DQO suficiente como para estar por debajo del límite legal (1500 ppm), los requerimientos de oxígeno sin tener en cuenta la DQO que se elimina por crecimiento celular son de alrededor de 1200kg/h de oxígeno puro, unos 110 m³/h de aire del entorno impulsado por un soplante e inyectado por una serie de difusores colocado en el fondo del tanque.

El reactor cuenta con dos agitadores sumergibles horizontales con inclinación variable instalados uno frente al otro a media altura para ayudar a la homogeneización de la mezcla y para evitar en la medida de lo posible la sedimentación de la biomasa. Además, la aireación está controlada con un lazo de control de oxígeno disuelto, otro de pH y sondas de temperatura. El control de pH es sólo por si durante la reacción se basifica o se acidifica el medio, ya que el alimento es neutro, por las etapas de neutralización que ha sufrido; consta de dos pequeños tanques, uno de sosa y otro de clorhídrico; el control del oxígeno disuelto es imprescindible porque la solubilidad de éste varía mucho con la temperatura, factor que cambiará a lo largo del año. Las sondas están colocadas en la zona central del reactor, a media altura y saliendo de una plataforma radial, que va desde el perímetro hasta el centro del tanque.

B) Sedimentador secundario

La función del sedimentador es clarificar el agua proveniente del reactor, ya que ésta contiene demasiados sólidos en suspensión (la misma concentración que en el reactor, 3500 ppm). Además, facilita la recirculación de biomasa hacia el reactor, aumentando así el tiempo de residencia celular. Lo más habitual es tener dos o más sedimentadores en paralelo trabajando a la vez, por lo que el caudal que llega a cada uno de ellos es la fracción que toque. Se ha optado por instalar dos.

Nuevamente, se toman valores típicos para su diseño; éstos son los de la tabla 16, fila 1.

Tabla 16 – Parámetros de diseño típicos para un sedimentador secundario. Metcalf & Eddy.

Table 8-7
Typical design information for secondary clarifiers for the activated-sludge process^a

Type of treatment	Overflow rate				Solids loading				Depth, m ^b	
	gal/ft ² ·d		m ³ /m ² ·d		lb/ft ² ·h		kg/m ² ·h			
	Average	Peak	Average	Peak	Average	Peak	Average	Peak		
Settling following air-activated sludge (excluding extended aeration)	400-700	1000-1600	16-28	40-64	0.8-1.2	1.6	4-6	8	3.5-6	
Selectors, biological nutrient removal	400-700	1000-1600	16-28	40-64	1.0-1.5	1.8	5-8	9	3.5-6	
Settling following oxygen-activated sludge	400-700	1000-1600	16-28	40-64	1.0-1.4	1.8	5-7	9	3.5-6	
Settling following extended aeration	200-400	600-800	8-16	24-32	0.2-1.0	1.4	1.0-5	7	3.5-6	
Settling for phosphorus removal; effluent concentration, mg/L									3.5-6	
Total P = 2		600-800		24-32						
Total P = 1 ^c		400-600		16-24						
Total P = 0.2-0.5 ^d		300-500		12-20						

En la tabla 17 se presentan los parámetros de diseño elegidos

Tabla 17 – Parámetros de diseño de los sedimentadores

h (m)	XR (ppm)	C sup. (m ³ /m ² ·d)	Q E sed. (m ³ /h)	Q a tratar (m ³ /h)	Qa tratar/QR
4,5	7000	27	70,8	38,7	0,7

h = altura de trabajo de los sedimentadores

X_R = concentración de sólidos en el fondo. Suele ser el doble de la concentración de sólidos en el reactor

C_{sup.} = Carga superficial

Q_{E sed.} = Caudal de salida del reactor

Q_{a tratar} = Caudal del alimento

Q_{a tratar} / Q_R = Relación entre el caudal de alimento y la recirculación. Suele estar entre 0,5 y 1.

Con todos estos valores se pueden dimensionar los sedimentadores y calcular los caudales de purga y vertido.

Tabla 18 – Características de un sedimentador

QR (m ³ /h)	QP (m ³ /h)	QS (m ³ /h)	V operación (m ³)	T (h)	D (m)
13,5	3,2	18,7	140,3	4,0	6,3

Q_R = Caudal de reacirculación

Q_P = Caudal de purga

Q_S = Caudal de vertido

T = tiempo de residencia

D = diámetro

La altura final de cada sedimentador será de 5 m para dar un volumen de seguridad, por lo que la capacidad final total es de 156 m³.

Tanto la carga de sólidos (3,97) como la superficial (27,25) están dentro de los rangos.

Los dos sedimentadores están construidos en hormigón armado y cuentan con una pala giratoria para arrastrar los sólidos sedimentados hasta la salida.

C) Alternativa

Si se constata que la salida de los SBRs es demasiado tóxica para entrar en el reactor biológico continuo, la purga se debería tratar por separado con un método convencional y aplicar algún otro tratamiento a la corriente lateral.

6.4.3 Conclusión

La conclusión final es que antes de decidirse por un método de tratamiento de los efluentes líquidos u otro, hay que realizar primero experimentos a escala de laboratorio, donde se determinarían parámetros como la degradabilidad biológica y química, la eliminación física, biomasa específica necesaria y sus condiciones óptimas, efectos de la toxicidad, rangos de temperatura y pH óptimos, calores de reacción, selectividad de los procesos respecto a las diferentes especies, tiempos de residencia... Una vez hecha una primera preselección, se procedería a llevar a cabo pruebas a escala piloto, con un tamaño algo más cercano a las dimensiones de la

planta con las que habría que determinar la viabilidad tecnológica y económica, la posibilidad de escalado y cerciorarse de que la eliminación conseguida es la requerida.

6.5. BIBLIOGRAFIA

6.5.1. Tratamiento de gases

Total oxidation of some chlorinated hydrocarbons with commercial chromia based catalysts- A. Padilla, J. Corella, J.M. Toledo, Applied Catalysis B: Environmental 22 (1999) 107-121.

Air Pollution Control Technology Handbook- Karl B. Schnelle, Charles A. Brown. CRC Press

<http://www.carbotecnia.info/preguntas.htm#capadsorcion>

http://www.construmatica.com/construpedia/Chimeneas_Industriales

<http://www.slideshare.net/renatolachira/carbn-activado>

http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Atmosfera/DispersionContaminantes.htm#Cálculo_de_H

6.5.2. Fenton

Toxicidad

· The acute toxicity of 47 industrial chemicals to fresh and saltwater FISHES GAYNOR W. DAWSON & Co

Tablas y explicación del método en general:

· *Tratamiento químico de contaminantes orgánicos- El proceso Fenton* E C Martínez y G D López INGAR-Instituto de Desarrollo y Diseño (Conicet) y Universidad Tecnológica Nacional (Fac. Reg. Santa Fe) Santa Fe, Argentina

· *Advanced Oxidation Processes for water and wastewater treatment.* Edited by Simon Parsons. IWA.2004

· www.mercurtec.com

Parámetros de diseño reactor Fenton:

[1]- *Pre-oxidation of an extremely polluted industrial wastewater by the Fenton's reagent.* Nora San Sebastián Martínez, Josep Fíguls Fernández, Xavier Font Segura, Antoni Sánchez Ferrer

Parámetros de diseño del reactor neutralización y sedimentador:

· *Roles of Oxidation and Coagulation in Fenton Process for the Removal of Organics in Landfill Leachate.* Jeyong Yoon, Yoonki Kim, Yunho Lee and Dongsoo Lee.

Comparación económica:

[2]- *Use of Fenton reaction for the treatment of leachate from composting of different wastes* Daniel Trujillo, Xavier Font, Antoni Sánchez *

[3]- *TREATABILITY OF A PHARMACEUTICAL WASTEWATER BY THE FENTON'S REAGENT FOLLOWED BY AEROBIC SEQUENCING BATCH REACTORS* Huseyin Tekin, Okan Bilkay, Selale S. Ataberk, Tolga H. Balta, I. Haluk Ceribasi, Filiz B. Dilek* and Ulku Yetis*¹ ENCON Environmental Consultancy Co, Mahatma Gandhi Caddesi 75/3, Gaziosmanpasa, 06700 Ankara, Turkey *Department of Environmental Engineering, Middle East Technical University, 06531 Ankara, Turkey

·[4] *Fenton pre-treatment of wastewater containing nitrobenzene: 1 using ORP for indicating the endpoint of reaction* Shilong He, Nan Cao, Yingxin Gao, Yu Zhang, Min Yang State Key Laboratory of Environmental Aquatic Chemistry, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China.

Otros:

·*MEJORAS EN EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DE VERTEDERO DE RSU MEDIANTE PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADA.* TESIS DOCTORAL PRESENTADA PARA OPTAR AL TÍTULO DE DOCTOR POR LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA POR: OSCAR PRIMO MARTÍNEZ

·Fenton's peroxidation and coagulation processes for the treatment of combined industrial and domestic wastewater M.I. Badawy*, M.E.M. Ali National Research Center, Water Pollution Department, Dokki, Cairo, Egypt

·CAPÍTULO 7 SEDIMENTACIÓN Ing. Víctor Maldonado Yactayo

·Destruction of an industrial wastewater by supercritical water oxidation in a transpiring wall reactor M.D. Bermejo, M.J. Cocero * *High Pressure Process Research Group, Department of Chemical Engineering and Environmental Technology, University of Valladolid, 47011 Valladolid, Spain*

·A review of imperative technologies for wastewater treatment II:hybrid methods Parag R. Gogate, Aniruddha B. Pandit**Chemical Engineering Division, UICT, Matunga, Mumbai 400 019, India*

·Liquid phase hydrogenation of crotonaldehyde over Pt/SiO₂ catalysts Martin Englisch, Vidyadhar S. Ranade, Johannes A. Lercher* *Department of Chemical Technology, Catalytic Processes and Materials, University of Twente, P.O. Box 217, 7500 AE Enschede, Netherlands*

·Destruction of chlorinated organic solvents in a two-stage molten salt oxidation reactor system Hee-ChulYanga,*,Yong-June Choa, Hee-Chul Eunb, Eung-Ho Kima a*Korea Atomic Energy Research Institute, P.O. Box 105 Yuseong, Daejeon 305-600, South Korea* b*University of Science and Technology, P.O. Box 52 Yuseong, Daejeon 305-333, South Korea*

7. EVALUACIÓN ECONÓMICA

7.1. <i>INTRODUCCIÓN</i>	2
7.2. <i>COSTES DE EQUIPOS</i>	3
7.2.1 Intercambiadores de calor	4
7.2.2 Recipientes de proceso.....	4
7.2.3 Tanques almacenamiento	5
7.2.4 Columnas de proceso	5
7.2.3 Servicios	5
7.2.4 Agitadores.....	6
7.2.5 Especiales.....	6
7.2.6 Bombas y Compresores	7
7.3. <i>CAPITAL INMOVILIZADO</i>	8
7.4. <i>CAPITAL CIRCULANTE</i>	12
7.5. <i>COSTES DE MANUFACTURA Y GENERALES</i>	13
7.5.1 Costes de Manufactura.....	13
7.5.1.1 Costes directos	13
7.5.1.2 Costes indirectos variables	14
7.5.2 Costes generales	17
7.6. <i>DINERO POR VENTAS</i>	19
7.7. <i>CÁLCULO DE LA RENTABILIDAD DE LA PLANTA</i>	20
7.7.1 Net Cash Flow (NCF)	20
7.7.2 Estudio VAN y TIR	24
7.7.3 Viabilidad económica de la planta	25

7.1. INTRODUCCIÓN

En el apartado de evaluación económica se estudiará la rentabilidad de la planta diseñada. Dicha rentabilidad se determinará a partir de la inversión inicial que requiera la planta, de los costes de operación que habrá en el transcurso del proceso y de los ingresos que obtenidos con la venta del producto.

La inversión inicial constará, como factor más importante, del coste inmovilizado. Éste es el que corresponde a la adquisición e instalación de los equipos, tuberías, equipos auxiliares, etc. Dicha inversión también estará constituida por el capital circulante (materia primas, salarios, etc.), el capital de la puesta en marcha (imprevisible, reparaciones, pérdidas de producto, etc.) y los gastos previos (estudios de mercado, etc.).

Para el cálculo del coste de los equipos se ha seguido el método de Happel. Con dichos valores, y siguiendo el método de factor múltiple de Vian, se calculará el capital inmovilizado de la planta. Se tiene que remarcar que, los precios obtenidos por el método de Happel, usan como base de cálculo el dólar del año 1970. A partir de los valores del CEPCI (Chemical Engineering Plant Cost Index) y del índice M&S (Marshall and Swift) se actualizarán dichos costes al actual. En lo referente a la conversión del dólar al euro se utilizará la conversión siguiente: $1€ \rightarrow 1,1917\$$.

Una vez se tenga el valor del capital inmovilizado, se pasará al cálculo del capital circulante, así como los costes de fabricación directos e indirectos, y la recuperación por la venta del producto. Finalmente, se realizará un estudio del Net Cash Flow (NCF), para observar a partir de cuándo la planta sería rentable. Una vez llegado a este punto, se tomará la decisión de si la planta es viable o, por lo contrario, no se puede realizar el proyecto.

7.2. COSTES DE EQUIPOS

Como se ha dicho anteriormente, el coste de los equipos se tendrá que actualizar, ya que el método de Happel tiene como base los precios del año 1970. A partir del índice M&S se actualizarán los precios hasta 2009, a partir de la siguiente ecuación.

$$C_1 = C_2 \cdot \frac{I_1}{I_2}$$

Donde

C₁ es el coste del equipo en 2009, expresado en \$

C₂ es el coste del equipo en 1970, expresado en \$

I₁ es el índice M&S del año 2009

I₂ es el índice M&S del año 1970

Para realizar la conversión de \$ a € se dividirá el resultado obtenido en \$ por 1,1917.

El método de cálculo de equipos Happel, propone diferenciar económicamente los materiales de construcción, acero al carbono y acero inoxidable. Este método permite calcular el coste de cada equipo al año 1970, tiempos en que el acero inoxidable era mucho más caro que el acero al carbono. En este proyecto se ha tenido en cuenta el mercado actual y por eso se ha decidido equiparar los precios entre ambos materiales de construcción.

Además, el revestimiento interior de aleación de titanio que es necesario que lleven los equipos por donde circula la mezcla de catalizador, se ha tenido en cuenta en el coste de compra del equipo, multiplicándolo por un factor (1,7).

Si un equipo, como el separador de fases S-201, lleva asociado un demister y además está recubierto de titanio, se ha multiplicado por un factor de 1,9.

Si el separador requiere demister, pero no presenta revestimiento de titanio, como el S-301, el factor es de 1,2.

A continuación se pueden ver los precios de los equipos de la planta:

7.2.1 Intercambiadores de calor

Ítem	Denominación	Material	Coste (€)
A-201	Aerorefrigerador G-G	AISI 304	533187
E-301	Carcasa y tubos	AISI 304	69194
E-302	Carcasa y tubos	AISI 304	13644
E-303	Carcasa y tubos	AISI 304	13644
E-304	Carcasa y tubos	AISI 304	87841
CN-301	Condensador	AISI 304	163361
KR-301	Kettle-Reboiler	AISI 304	40308
E-701	Carcasa y tubos	AISI 304	12604
E-801	Carcasa y tubos	AISI 304	15591
E-802	Carcasa y tubos	AISI 304	20706
TOTAL			970 079

7.2.2 Recipientes de proceso

Ítem	Denominación	Material	Coste (€)
R-201	Reactor principal	A515/Ti ₆ Al ₄ V	607609
S-201	Separador de fases G-L	A515/Ti ₆ Al ₄ V	145235
S-301	Separador de fases G-L	A515	156994
RE-201	Regenerador del catalizador	A515/Ti ₆ Al ₄ V	83771
TD-201	Tanque disolución catalizador	A515/Ti ₆ Al ₄ V	9984
TP-301	Tanque pulmón proceso	A515	145400
TP-302	Tanque pulmón recirculación agua	A515	127056
R-701	Reactor catalítico de gases	A515/Ti ₆ Al ₄ V	39185
R-801	Reactor Fenton	AISI 304	14456
R-802	Reactor de neutralización Fenton	AISI 304	21975
R-804	Reactor de neutralización	AISI 304	36941
TP-801	Tanque pulmón	AISI304	140650
TD-801	Tanque disolución lechada de cal	AISI304	32309
TOTAL			1 561 563

7.2.3 Tanques almacenamiento

Ítem	Denominación	Material	Coste (€)
T-101/108	Tanques almacenamiento etileno	A515	288401
T-109/113	Tanques almacenamiento acetaldehído	A515	210970
T-801	Tanque almacenamiento peróxido hidrógeno	AISI 304	3040
T-803	Tanque almacenamiento ácido sulfúrico 98 %	AISI 304	907
SI-801	Silo almacenaje sulfato de hierro	AISI 304	907
SI-802	Silo almacenaje hidróxido de calcio	AISI 304	907
TOTAL			505 134

7.2.4 Columnas de proceso

Ítem	Denominación	Material	Coste (€)
AB-301	Columna de absorción	A515	79410
D-301	Columna de destilación	A515	70020
D-302	Columna de destilación	A515	74715
TOTAL			224 145

7.2.3 Servicios

Ítem	Denominación	Material	Coste (€)
CL-401/402	Caldera pirotubular	AISI304	429562
TR-401	Torre de Refrigeración	-	177887
CH-401/404	Chiller	Acero galvanizado	1596004
TOTAL			2 203 453

7.2.4 Agitadores

Ítem	Denominación	Material	Coste (€)
R-801	Agitador de reactor Fenton	AISI304	14061
R-802	Agitador de reactor de neutralización Fenton	AISI304	2088
R-803	Agitador de hélices Reactor Aerobio	AISI304	6403
R-804	Agitador reactor de neutralización	AISI304	8083
TD-801	Agitador tanque disolución lechada de cal	AISI304	907
TOTAL			31 541

7.2.5 Especiales

Ítem	Denominación	Material	Coste (€)
CF-801	Centrífuga para lodos biológicos	AISI304 L	17193
FP-801	Filtro prensa para lodos metálicos	AISI304	77115
CA-701	Columna de adsorción	A515/Ti ₆ Al ₄ V	62330
X-701	Chimenea salida de gases	A515	128302
TOTAL			284 940

7.2.6 Bombas y Compresores

Ítem	Unidades	Coste unidad (\$)
P-101	2	2289
P-201	2	2365
P-202	2	1622
P-301	2	3081
P-302	2	5192
P-303	2	5059
P-304	2	1445
P-305	2	2748
P-306	2	5580
P-307	2	1964
P-308	2	8372
P-309	2	4958
P-801	2	664
P-802	2	624
P-803	2	1350
P-804	2	191
P-805	2	2101
P-806	2	5078
P-807	2	3309
P-808	2	1987
P-809	2	3210
P-810	2	380
P-811	2	2269
P-812	2	83
CO-201	2	1326
CO-202	2	2711
CO-203	2	469
CO-301	2	5476
CO-302	2	7
CO-701	2	35
TOTAL (€)		119 045

7.3. CAPITAL INMOVILIZADO

Para el cálculo del capital inmovilizado de la planta se utilizará el método de factor múltiple de Vian. Éste método parte del cálculo del coste total de la maquinaria (X). A partir de este coste se calcula el resto de capital en relación a X. En la tabla 7.1 se puede ver el desglose del capital inmovilizado.

Tabla 7.1 – Método de Vian

Inversión	Nombre	Cálculo
I1	Maquinaria	X
I2	Gastos de instalación	(0,35-0,5)·X
I3	Cañerías y válvulas	0,6·X
I4	Instrumentos de medida y control	(0,03-0,1)·X
I5	Aislamientos térmicos	(0,03-0,1)·X
I6	Instalación eléctrica	(0,1-0,2)·X
I7	Terrenos y edificios	0,35·X
I8	Instalaciones auxiliares	(0,25-0,7)·X
Y	Capital físico o primario	Sumatorio de I1 a I8
I9	Proyecto y dirección del montaje	0,2·Y
Z	Capital directo o secundario	Y+I9
I10	Contrata de obras	(0,04-0,1)·Z
I11	Gastos no previstos	(0,1-0,3)·Z

A continuación se presentan cada una de las inversiones, así como el valor calculado de éstas

- I1 – Maquinaria

El valor de la maquinaria corresponde al sumatorio de todos los equipos calculados en el apartado 7.2.

$$I1 = 5\,948\,354 \text{ €}$$

- I2 – Gastos de instalación

El valor de esta inversión corresponde a la mano de obra, el transporte, barandillas, soportes, etc. Utilizados en la instalación de la maquinaria del proceso. Se utiliza un valor intermedio en el rango del 40% de I1.

$$I2 = 2\,379\,560 \text{ €}$$

- I3 – Cañerías y válvulas

Esta inversión comporta el gasto de las válvulas de proceso, así como de las cañerías de la planta. El valor típico para sólidos es del 10% de I1 y para fluidos es del 60% de I1. En nuestro caso, sólo se transportan fluidos, así que se utilizará el 60% de I1.

$$I3 = 3\,569\,031 \text{ €}$$

- I4 – Instrumentos de medida y control

Esta inversión depende de si la planta está muy automatizada ($0,3 \cdot X$) o de si lo está poco ($0,05 \cdot X$). Debido a que el proceso diseñado está bastante automatizado, se usará un 25% de X.

$$I2 = 1\,487\,096 \text{ €}$$

- I5 – Aislamientos térmicos

Se calcula como un valor intermedio entre el 3% y el 10% de la maquinaria. Se utiliza el 7% de X.

$$I5 = 416\,387 \text{ €}$$

- I6 – Instalación eléctrica

Esta inversión refleja los costes de cableada, motores, etc. Si se conocieran los precios de los motores, se doblarían para conocer el valor de I6. Debido a que no se conocen, se escoge el 15% de X, valor intermedio en el rango del 10% al 20%.

$$I6 = 892\,258 \text{ €}$$

- I7 – Terrenos y edificios

Esta inversión depende de si la planta está cubierta o no. Debido a que a que no se han contabilizado los equipos de obra civil en los costes de maquinaria (SBR-801, SE-801, R-803, SE-802), se sumará un buen porcentaje al 35% recomendado. Se escoge utilizar un total del 60% de coste de la maquinaria.

$$I2 = 3\,569\,031 \text{ €}$$

- I8 – Instalaciones auxiliares

Consta de servicios auxiliares, fuera del proceso, como calefacción, aire acondicionado, etc. Debido a que los servicios propios de la planta (agua de refrigeración, calderas de vapor, etc.), se han contabilizado en el apartado M5 del cálculo de costes de fabricación, se le aplicará un valor mediamente bajo, del 70% de X.

$$I8 = 2\,379\,354 \text{ €}$$

- Y – Capital físico o primario

Se calcula como la suma de todos los apartados anteriores.

$$Y = 20\,640\,896 \text{ €}$$

- I9 – Proyecto y dirección del montaje

Se calcula como un 20% de Y, distribuido en un 12% para el proyecto, un 6% a la dirección de obras y un 2% a la gestión y compra de equipos.

$$I9 = 4\,128\,179 \text{ €}$$

- Z – Capital directo o secundario

Se calcula como la suma de Y e I9.

$$Z = 24\,769\,075 \text{ €}$$

- I10 – Contrata de obras

Se calcula como un valor intermedio dentro del rango recomendado. Se escoge aplicar una estimación de 7% de Z.

$$I10 = 1\ 733\ 835 \text{ €}$$

- I11 – Gastos no previstos

Esta inversión se basa en costes no previstos. Se escoge un intermedio del recomendado, un 20%.

$$I11 = 4\ 953\ 815 \text{ €}$$

El cálculo del capital inmovilizado se calcula como la suma de Z, I10 e I11.

$$\text{CAPITAL INMOVILIZADO} = 31\ 457\ 725 \text{ €}$$

7.4. CAPITAL CIRCULANTE

Capital circulante o capital de rotación, opuesto a capital fijo: es el capital invertido en elementos que se transformará durante el transcurso de la producción; y cambia sucesivamente de forma, siendo materias primas, productos elaborados, numerario, créditos, fuerza de trabajo, etc. Se consumen en cada producción de bienes y deben ser repuestos constantemente. Incluye al capital variable.

Para estimar el capital circulante se considera del 10 al 30 % del capital inmovilizado. Se escoge estimarlo a un 30%.

CAPITAL CIRCULANTE = 9 437 018 €

7.5. COSTES DE MANUFACTURA Y GENERALES

Los costes de manufactura (M) y generales (G) se calcularan en base al método de Vian. En los costes de manufactura se encuentran los de tipo directo, como por ejemplo el coste de las materias primas, y los indirectos como el seguro de la planta. Los costes generales son los referentes al *marketing*, la gerencia,.. Ambos tipos de costes se han calculado anualmente.

7.5.1 Costes de Manufactura

7.5.1.1 Costes directos

- M1 - Materias primas

Las materias primas para la obtención del producto, acetaldehído, son el etileno y el oxígeno. El precio del etileno ha sido proporcionado por Ercross y el del oxígeno por la empresa Air Liquide. Ambos consumos representan la entrada de materia prima fresca. Para el tratamiento de efluentes líquidos hay otras materias primas requeridas y también se han tenido en cuenta, el precio de dichas sustancias han sido proporcionados por Comercial Godó.

Materia prima	Consumo (tn/año)	Precio (€/tn)	Precio total (€/año)
Etileno	47570,4	960	45 667 584
Oxígeno	27504	120	3 300 480
H_2O_2	1340,64	330	442 411
FeSO_4	558,22	305	170 256
$\text{CA}(\text{OH})_2$	13003,2	140	1 820 448
TOTAL	M1		51 401 179

- M2 - Mano de obra directa

Para el cálculo de la mano de obra directa se precisan los siguientes datos:

Nº trabajadores en la planta: 58

Nº de pagas/ trabajador: 14

Sueldo bruto mes/trabajador: 1750 €

Total costes anuales de trabajadores:

$$\mathbf{M2 = 1 421 000 €}$$

- M3 - Patentes

La producción de acetaldehído está libre de patente por lo que **M3= 0 €**.

7.5.1.2 Costes indirectos variables

- M4 - Mano de obra indirecta

En la mano de obra indirecta está incluido el personal que está presente en la planta, pero no entra en contacto directo con el producto, como los vigilantes. Según el método a seguir, Vian, se propone una estimación para el cálculo de mano de obra indirecta de entre un 15 y un 45 % de M2. Se ha elegido un 30 %.

$$\mathbf{M4 = 426 300 €}$$

- M5 - Servicios

Servicio	Precio	Unidades precio	Cantidad	Unidades	Total (€/año)
Gas Natural	0,05	€/m3	14500800	m3/any	725040
Agua de servicio	0,15	€/m3	483120	m3/any	72468
Electricidad	0,048	€/kW·h	3926	KW	1356825,6

$$\mathbf{M5 = 2 154 334 €}$$

- M6 - Suministros

Los suministros tiene en cuenta el material necesario para el correcto desarrollo de la planta como herramientas, lubricantes,.. El valor de suministros corresponde a un 0,2-1,5 % del capital inmovilizado. Se ha elegido un 0,75 %.

$$\mathbf{M6 = 235\,925\,\text{€}}$$

- M7 - Mantenimiento

Los gastos de mantenimiento se refieren a revisiones de seguridad periódicas, reparaciones puntuales, limpieza de recipientes,.. El valor de este apartado se sitúa entre un 2 y un 12 % del capital inmovilizado. Se ha considerado un 6 %.

$$\mathbf{M7 = 1\,887\,404\,\text{€}}$$

- M8 - Laboratorio

Dentro de los gastos de laboratorio se han incluido los gastos de controles de calidad y de investigación y desarrollo. Se ha apostado fuerte por este apartado ya que la vía de producción del acetaldehído de *one stage* está en vías de extinción por lo que conlleva una importante inversión en desarrollo de nuevos productos o mejoras del mismo. Normalmente este valor representa entre un 5 y un 25 % de M2, escogiendo un valor del 20 % en nuestro caso.

$$\mathbf{M8 = 284\,200\,\text{€}}$$

- M9 - Envasado

El producto de este proyecto, acetaldehído de alta pureza, es un compuesto intermedio para la producción de otras sustancias. Por este motivo no es necesario un envasado, sino que será transportado en camiones desde los tanques de almacenamiento hasta el comprador.

$$\mathbf{M9 = 0\,\text{€}}$$

- M10 - Expedición

En los gastos de expedición se han tenido en cuenta la recogida de residuos sólidos por parte de una empresa gestora cualificada. No se han tenido en cuenta los camiones de expedición de producto ya que corren a cargo del comprador.

$$\mathbf{M10 = 195\,350\,\text{€}}$$

- M11 - Directivos y técnicos

Los costes de dirección y técnicos representan entre el 10 y 40 % del total de mano de obra directa (M2). Se considera un valor del 20 % para sueldos de directiva y plantilla técnica.

$$\mathbf{M11 = 284\,200\,\text{€}}$$

- M12 - Amortización

La amortización se ha tenido en cuenta en el apartado de cálculo de rentabilidad de la planta, Net Cash Flow. A razón de esto, en este apartado no se contabilizará la amortización.

$$\mathbf{M12 = 0\,\text{€}}$$

- M13 - Alquileres

El terreno dónde está localizada la planta es comprado y no alquilado. El cálculo de la compra del terreno está contabilizado en el apartado de rentabilidad de la planta, Net Cash Flow.

$$\mathbf{M13 = 0\,\text{€}}$$

- M14 - Tasas

Este apartado incluye los pagos a administraciones que no son atribuibles a beneficios. Este valor está comprendido entre el 0,5 y el 1 % del capital inmovilizado, en este caso se considera un valor del 0,75.

$$\mathbf{M14 = 235\,925\,\text{€}}$$

- M15 - Seguros

La planta debe estar asegurada para que se haga cargo de cualquier incidente puntual no previsto. Tener un seguro viene marcado por ley. Este valor corresponde a un 1 % del capital inmovilizado.

$$\mathbf{M15 = 314\,567 \text{ €}}$$

$$\mathbf{COSTES DE MANUFACTURA TOTALES \sum M_i = 58\,840\,385 \text{ €}}$$

7.5.2 Costes generales

- G1 - Gastos comerciales

Dentro de los gastos comerciales se incluyen los costes de marketing, publicidad, ferias,.. El valor de los gastos comerciales puede ser variable e imprevisto. Se considera entre un 5 y un 20 % de los costes totales de manufacturación. Se ha elegido un 5 %.

$$\mathbf{G1 = 2\,942\,019 \text{ €}}$$

- G2 - Gerencia y administración

Esta partida contabiliza el coste de la organización y los departamentos de gerencia y administración. El valor de este apartado está comprendido entre el 3 y el 6 % de los costes de manufactura (M), se ha considerado un 4 %.

$$\mathbf{G2 = 2\,353\,615 \text{ €}}$$

- G3 - Gastos financieros

Los gastos financieros se refieren a los intereses de los créditos pedidos a entidades bancarias. En este caso se desconoce el capital prestado por lo que no se puede realizar una buena estimación.

$$\mathbf{G3 = 0 \text{ €}}$$

- G4 - Investigaciones y servicios técnicos

Esta partida está destinada a la investigación innovadora, mejora de producto y asistencia técnica al cliente. Aunque estos costes sean variables se ha creído oportuno destinar un 5% del total de costes de manufactura (M).

$$\mathbf{G4 = 2\,942\,019 \text{ €}}$$

COSTES GENERALES TOTALES $\sum G_i$: 9 237 654 €

COSTES TOTALES M+G: 67 078 039 €

7.6. DINERO POR VENTAS

En este proyecto el objetivo es realizar el diseño de una planta para la obtención de 60 000 tn/año de acetaldehído de alta pureza. A veces es posible producir y por lo tanto vender subproductos generados durante la producción principal, pero este no es el caso. El dinero por ventas que se ingresa viene dado por las ventas únicas y exclusivas del producto, acetaldehído.

Producto	Producción (tn/año)	Precio (€/tn)	Precio total (€/año)
Acetaldehído	66586	1288	85 762 253

7.7. CÁLCULO DE LA RENTABILIDAD DE LA PLANTA



Figura 7-1 Evolución del precio del producto des del 2006 al 2010

7.7.1 Net Cash Flow (NCF)

El Net Cash Flow (NCF) se trata de un método para evaluar la viabilidad de una planta o industria. Este se basa en la contabilización de los flujos de capital que circulan por la planta. Se basa en ejercicios anuales a partir de que se paga la inversión inicial y se empieza la construcción de la planta. Para el cálculo del NCF se deben tener en cuenta los siguientes parámetros.

- Inversión Inicial

Ésta consta de dos partes, la inversión por el terreno, si es de compra, el primer año y el capital inmovilizado de la planta (Apartado 7.3), a distribuir en los años de construcción.

· Terreno

Se ha consultado y se ha encontrado que en la localidad donde se tiene pensada la construcción de la planta de producción de acetaldehído, el precio del metro cuadrado industrial está sobre los 350 €/m². Así pues, multiplicando el área del terreno disponible (70095m²) por el precio del metro cuadrado, se obtiene el precio del terreno. Se supone que, al terminar por completo la vida útil de la planta este terreno se venderá y que, como mínimo, se recuperará el valor pagado en la actualidad.

Terreno = 24 533 250 €

- Capital inmovilizado

Del apartado 7.3 se obtiene el valor del capital inmovilizado. Ésta inversión se divide entre los dos años que se supone durará la construcción de la planta. Así pues, obtenemos los siguientes costes los primeros dos años.

Inversión año 0 = 15 730 000 €

Inversión año 1 = 15 730 000 €

- Capital Circulante

Se paga el primer año de producción y es el que consta en el Apartado 7.4. Este capital se recupera después del último año de producción

- Ventas

Son la inversión asociada a la venta del producto. Constan en el apartado 7.6.

- Costes

Son los gastos asociados a los costes de fabricación y generales, y constan en el Apartado 7.5.

- Amortización

Los equipos y las instalaciones de la planta tienen una devaluación constante durante toda la vida útil de la planta. El valor del inmovilizado (Apartado 7.3) que se pierde a lo largo de los años se llama amortización. En este caso se considerará que la amortización es lineal y que el valor del inmovilizado se devalúa totalmente durante los 11 años de producción. Así pues, dividiendo el valor del capital inicial por el número de años de vida útil de la planta, se obtiene la amortización por años. Aunque la maquinaria haya llegado a ser obsoleta al final de la vida de la planta, se considera que se puede revender, obteniendo un valor residual del 12% de su precio inicial.

Amortización Anual = 2 859 702 €

- NCF (sin impuestos)

Se calcula como la diferencia entre las ventas y los costes en cada año de producción. Los primeros años también se debe restar la inversión inicial de cada año y el capital circulante del primer año de producción.

- NCF (con impuestos)

Para el cálculo del NCF real se deben tener en cuenta los impuestos, que se cobran de la base imponible del año de producción anterior, y la amortización nombrada anteriormente. Se considera que los impuestos sobre la base imponible serán de 36%. En la Figura 7.1 se puede ver la evolución del NCF durante los años de construcción y producción.

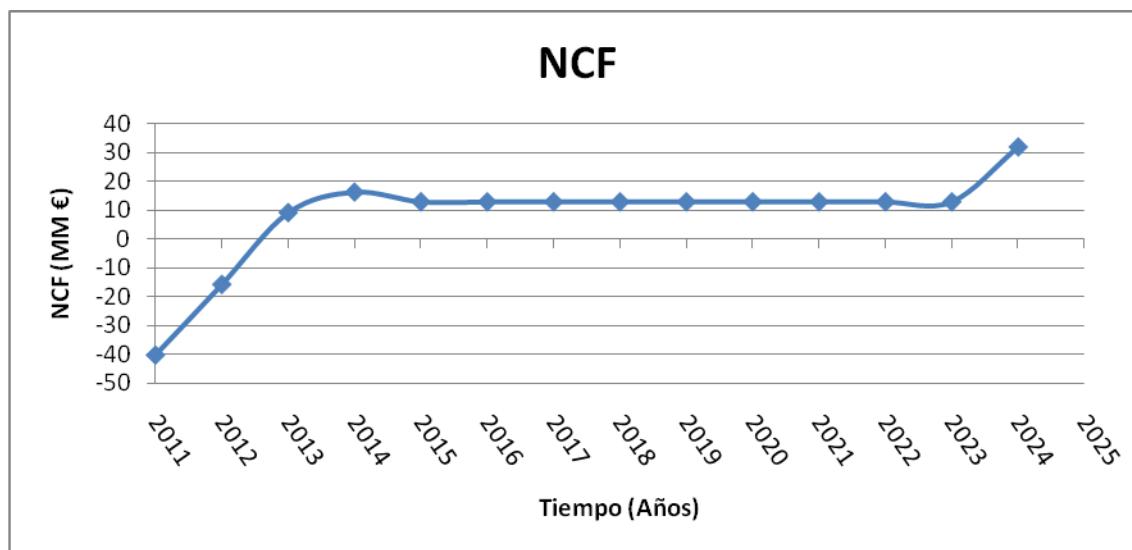


Figura 7.2 – Evolución del NCF

Tabla 7.2 – Net Cash Flow (en MM de €)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Terrenos	-24,53													24,53
Capital Inmovilizado	-15,73	-15,73												3,78
Capital Circulante			-9,44											9,44
Ventas			85,76	85,76	85,76	85,76	85,76	85,76	85,76	85,76	85,76	85,76	85,76	
Costes			-67,08	-67,08	-67,08	-67,08	-67,08	-67,08	-67,08	-67,08	-67,08	-67,08	-67,08	
NCF (sin impuestos)	-40,26	-15,73	9,24	18,68	18,68	18,68	18,68	18,68	18,68	18,68	18,68	18,68	18,68	37,75

Ventas-Costes			9,24	18,68	18,68	18,68	18,68	18,68	18,68	18,68	18,68	18,68	18,68	
Amortización Lineal			-2,86	-2,86	-2,86	-2,86	-2,86	-2,86	-2,86	-2,86	-2,86	-2,86	-2,86	
Beneficios Brutos			6,38	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	
Base Imponible			6,38	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	
Impuestos (36%)			2,30	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70	5,70
NCF (con impuestos)	-40,26	-15,73	9,24	16,38	12,98	12,98	12,98	12,98	12,98	12,98	12,98	12,98	12,98	32,05

7.7.2 Estudio VAN y TIR

El Valor Actual Neto (VAN) es el valor actual de flujos de caja futuros y, dependiendo del interés pueden ser beneficiosos (positivos) o perjudiciales (negativos). El valor del impuesto que hace que el VAN sea igual a cero es el nombrado TIR (Tasa Interna de Rendimiento). A continuación se muestra como se calcula el VAN:

$$VAN = \sum_{i=0}^{j=N} \frac{NCF_j}{(1+i)^j}$$

Donde:

j es el valor del año en que se calcula el VAN

i es el tipo de interés (5% $\rightarrow i = 0,05$)

En la Figura 7.2 se puede ver la evolución del VAN en función del tipo de interés.

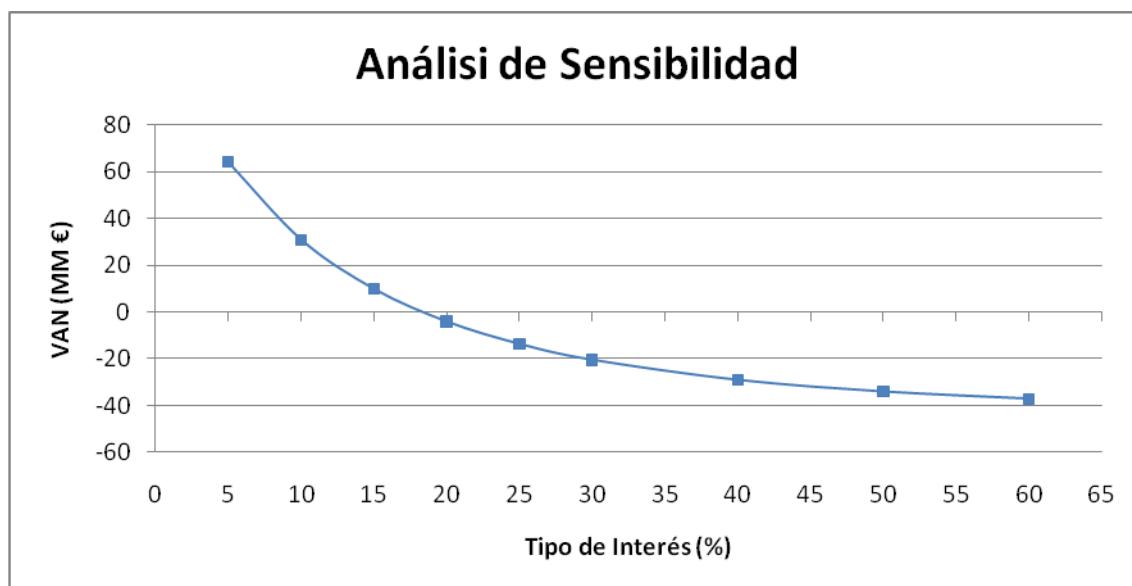


Figura 7.3 – Análisis de Sensibilidad

7.7.3 Viabilidad económica de la planta

Con el precio del acetaldehído fijado a 1,288 €/Kg la rentabilidad de la planta de producción de acetaldehído 60000 Tn/años es positiva. Como se puede observar en la figura 7.2, la evolución de los flujos de caja (NCF) es creciente des del año que se empieza la construcción de la fábrica hasta el primer año de producción, pasando de valores negativos de los dos años correspondientes a la construcción a valores positivos el primer año de producción, al 2013.

Los beneficios de la planta son estables y se mantienen sobre los 13 MM € hasta el cierre de la misma, programado en 12 años que retorna el valor residual, venta de equipos, los terrenos y el capital circulante.

En lo que hace referencia al TIR (VAN=0), cabe decir que un interés inferior al 18 % hace la planta rentable.

Las conclusiones anteriores son correctas pero están basadas en un mercado estático. El mercado en el que se produce y vende el producto, acetaldehído, es dinámico y presenta variables que no se tienen en cuenta en el estudio del Net Cash Flow. Los parámetros a tener en cuenta, para llevar a cabo un proyecto de estas magnitudes, realmente están basados en un estudio de mercado. Es una variable el precio de las materias primas, sobretodo el etileno ya que es un derivado del petróleo el precio del cuál es susceptible de importante variación. También es motivo de estudio de mercado las empresas competidoras productoras de acetaldehído así como las compradoras de producto, asumiendo un consumo del calibre de nuestra producción (66000 tn/año).

También añadir que el precio del producto en cuestión es muy variable, como se puede observar en la figura 7.1, situándolo actualmente, abril 2010, a un valor de 2 \$/Kg, lo que equivale a 1,68 €/Kg. En el estudio económico presente se ha fijado en 1,288 €/Kg por motivos de esta fluctuación de precio, ya que des del 2006 se ha visto incrementado en un 351 %, hecho que demuestra la inestabilidad del mercado del producto.

8. PUESTA EN MARCHA

<i>8.1. Introducción</i> -----	2
<i>8.2. Tareas previas a la puesta en marcha</i> -----	2
8.2.1. Mantenimiento-----	2
8.2.2. Inspecciones -----	2
8.2.3. Test de presión, limpieza, secado y purga -----	2
8.2.4. Laboratorio de control de calidad -----	3
8.2.5. Equipamiento-----	3
8.2.6. Preparaciones de operación -----	3
8.2.7. Seguridad -----	3
8.2.8. Protección contra el fuego -----	4
<i>8.3. Procedimiento operativo</i> -----	4
8.3.1. Puesta en marcha del proceso por primera vez-----	4

8.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se describirán todas las tareas que son necesarias para realizar la puesta en marcha de la planta de producción de acetaldehído, así como los procedimientos necesarios para un óptimo acondicionamiento la planta.

8.2. TAREAS PREVIAS A LA PUESTA EN MARCHA

A continuación, se enumerarán todos aquellos equipos, inspecciones y test que deberán de estar preparados para realizar la puesta en marcha de la planta.

Dividiendo las diferentes tareas en:

8.2.1. Mantenimiento

- Personal organizado.
- Materiales y equipos de reposición en el almacén.
- Herramientas especiales y procedimientos.
- Procedimientos de inspección de equipos establecidos.
- Tener los rellenos y lubricantes disponibles.
- Instrucciones de venta catalogadas.

8.2.2. Inspecciones

- Interior de los recipientes.
- Relleno de los recipientes.
- Red de tuberías e instrumentación conforme con los diagramas de ingeniería.
- Disposición de los equipos para acceder y operar.
- Provisiones para la recogida de muestras.

8.2.3. Test de presión, limpieza, secado y purga

- Test de presión para las tuberías y los equipos.
- Limpieza de tuberías y equipos.
- Bufado de las líneas de instrumentación.
- Test de continuidad con aire.
- Test de vacío.

- Expansión de tuberías y equipos (comprobación de movimiento libre).

8.2.4. Laboratorio de control de calidad

- Laboratorio equipado y con personal.
- Horarios de muestreo preparados.
- Especificaciones para todos los productos y materias primas.
- Realización de ensayos para el conocimiento a fondo de los catalizadores, tanto del área 200 como del área 700.

8.2.5. Equipamiento

- Motores eléctricos.
- Rotación.
- Test sin carga.
- Compresores centrífugos.
- Instrumentación y controles comprobados.
- Operaciones preliminares de lubricación.
- Equipamiento de vacío.
- Test de funcionamiento.
- Bombas.
- Calibración de las bombas.
- Instrumentos.
- Bufado con aire limpio.
- Calibración.

8.2.6. Preparaciones de operación

- Herramientas, escaleras y mangueras disponibles.
- Contenedores y sacos disponibles.

8.2.7. Seguridad

- Equipos de protección individual disponibles.
- Material de primeros auxilios y asistencia médica disponible.
- Plan de emergencia interior elaborado.

8.2.8. Protección contra el fuego

- Agentes extintores (hidrantes, bocas de incendio equipadas, extintores...) disponibles.
- Procedimientos de extinción de incendios preparados.
- Brigada de incendios organizada.
- Llenado de la balsa contra incendios de 1200m³ de capacidad.

8.3. PROCEDIMIENTO OPERATIVO

Para tener a punto los servicios de la planta se realiza el siguiente procedimiento:

- 1) Activación del sistema eléctrico realizado por el personal de mantenimiento eléctrico.
- 2) Activación de los sistemas contra incendios y de agua, comprobando que los hidrantes de la planta funcionen correctamente.
- 3) Llenado del sistema de agua de refrigeración y circulación. Las válvulas de control tendrán que ser operadas manualmente hasta que el aire esté disponible, comprobando que no hallan pérdidas en las tuberías.
- 4) Activación del aire de instrumentación y comprobación de que no hallan fugas en el recorrido.
- 5) Activación del agua de los chillers.
- 6) Activación de los sistemas de vapor y de retorno del condensado. Previamente se comprobará que la caldera tenga agua disponible y que sus instrumentos estén activados.
- 7) Activación del sistema de nitrógeno y comprobación del funcionamiento correcto del compresor.

8.3.1. Puesta en marcha del proceso por primera vez

La diferencia entre poner en marcha el proceso por primera vez y ponerlo en marcha después de una parada es que, en un arranque después de una parada los equipos no se encuentran vacíos y contienen el líquido necesario para reponer la marcha del proceso en continuo.

Así que, a continuación se explican los pasos a seguir para una puesta en marcha por primera vez:

- 1) El primer paso que se llevará a cabo es el llenado del reactor R-201 con la solución acuosa pertinente de $PdCl_2$ y $CuCl_2$ a la temperatura de operación. El proceso de calentamiento de esta solución tiene lugar en un tanque con un sistema de calentamiento de media caña y su correspondiente agitación. Cuando el líquido llega a la temperatura de 135°C será bombeado al interior del reactor. Este tanque también se podrá utilizar para contener el líquido del reactor, si hay que realizar una parada repentina.
- 2) A continuación, se lleva cabo la abertura de las válvulas que permiten la entrada de etileno y oxígeno al reactor a los caudales correspondientes, activando solo el sistema de control que relaciona el caudal de etileno con el de oxígeno. También se activa el control de la presión del reactor para fijar el caudal de salida de gases.
- 3) El gas de salida del reactor entrará al separador S-201 a una presión de 2 atmósferas, el cual se encuentra previamente ambientado. Cuando empiece a llegar líquido al tanque de disolución (TD-201) y al regenerador (RE-201) se realizarán los siguientes pasos:
 - I. Por una parte, en el tanque de disolución TD-201, se activarán los sistemas de control de pH, con una adición de solución de ácido clorhídrico siempre que sea necesario y el sistema de control de entrada del agua fresca al TD-201. La corriente de salida de líquido (212) al reactor se controlará mediante la carga de éste, ya que se produce evaporación y arrastre de líquido.
 - II. Por otra parte, en el regenerador RE-201, cuando el volumen de líquido acumulado ocupe el 40% del volumen del tanque, se activará la válvula de entrada de vapor que aumentará la temperatura y la presión hasta 170°C y 9atm respectivamente, es decir, se activarán los lazos de control pertinentes para el control de la temperatura y la presión en el

regenerador. La válvula de la corriente 211 se abrirá después de que haya pasado el tiempo determinado para regenerar el catalizador.

- 4) La corriente de gas 215 atravesará toda la red de tuberías y el aerorefrigerador conectado sin problemas hasta el separador S-301. Se activarán entonces los activadores de control pertinentes para este equipo, así como para los intercambiadores de calor E-301 y E-302.
- 5) Mediante los caudales 306, 307, las salidas de líquido de los intercambiadores E-302 y E-301 respectivamente, y la 310, salida de líquido de la columna de absorción AB-301, se empezará a llenar el tanque pulmón TP-301, que hasta que no se haya llenado un 50% de su volumen no se abrirá la válvula que permita la salida del líquido por la corriente 311 dirigida a la columna D-301. Al mismo tiempo, el gas de salida del intercambiador E-301 entrará a la columna de absorción, donde se utilizará una entrada de agua fresca temporal ya que aún no hay recirculación de líquido por la corriente 331.
- 6) Cuando se detecte paso de gas por la tubería 308, se dividirán los caudales, una parte será recirculada, uniéndose a la corriente 201, entrada de etileno al reactor, y la otra a tratamientos de gases. Es entonces cuando se conectarán el control que regula el caudal de recirculación. Seguidamente, se conectarán la entrada de vapor a la columna D-301 para tratar la corriente líquida del tanque TP-301 que entra a esta columna. Se activará también el sistema que controla la entrada de vapor, ya que aún no habrá entrada lateral 328, y por lo tanto se necesitará un caudal de vapor para que comience la operación unitaria.
- 7) Cuando empiece a llegar líquido de la columna D-301 a la D-302, se activará el equipo KR-301, para que el líquido que entre se evapore parcialmente y regrese a la torre. Como se produce también salida de líquido, este se dividirá en dos caudales distintos, uno va a tratamiento de líquidos y el otro a llenar el tanque TP-302. Se controlará el llenado del tanque hasta el 50% de su volumen, posteriormente se abrirán las válvulas correspondientes de las tuberías 326 y 329. Por un lado, la corriente 329 se enfriará mediante la

activación y ambientación previa del intercambiador E-304, cuando se dirija a la columna AB-301, parando entonces la entrada de agua fresca temporal. Y por el otro lado, la corriente 326 que también se enfriará con su intercambiador correspondiente, entrará a la columna D-301.

- 8) Cuando tenga lugar la salida de gas de la columna D-302, el condensador CN-301 ya se habrá ambientado y activado previamente. La salida de líquido del condensador se dividirá según la relación de reflujo deseada activando el lazo de control correspondiente.
- 9) Los caudales 317, 332 y 323, no serán los especificados ya que el proceso no se encuentra aún en el estado de operación habitual. Las salidas 332 y 323 se enviarán al tratamiento de líquidos y el 317 se enviará al tanque correspondiente de acetaldehído, pero como no cumplirá las especificaciones se repartirá el volumen que se va obteniendo en tres caudales de entrada para las columnas AB-301, D-301 y D-302. Cuando las muestras recogidas regularmente verifiquen que este caudal cumple las especificaciones exigidas el acetaldehído ya se podrá almacenar en los tanques correspondientes.

9. OPERACIÓN EN PLANTA

9.1.	<i>INTRODUCCIÓN</i>	2
9.2.	<i>MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS</i>	3
9.3.	<i>LLENADO Y VACIADO DE TANQUES</i>	4

9.1. INTRODUCCIÓN

La planta se ha diseñado para su funcionamiento en continuo, durante las 24 horas del día, durante 300 días al año. El proceso estará totalmente automatizado, comprobando los datos del funcionamiento desde la sala de control y los PLCs.

Una vez se ha realizado la puesta en marcha de la planta, se empieza a trabajar de manera totalmente continua y en estado estacionario. En este punto, se empiezan a obtener los datos realmente importantes de la planta de producción. Éstos servirán para contemplar si la planta funciona tal y como se había previsto teóricamente. Este punto es muy importante, ya que de no ser así, se deben efectuar los cambios apropiados en sus puntos clave lo más rápidamente posible. Aunque ya se haya comprobado el correcto funcionamiento de los equipos en la puesta en marcha, en este apartado se deberá concluir que el funcionamiento global es el correcto y esperado. Para la realización de este cometido, se deberán realizar controles en los puntos clave de la planta, así como controles de calidad del producto y reactivos.

A su vez, la operación en planta se basa en esas acciones que no están automatizadas y que se tienen que efectuar periódicamente y de una forma sistemática. Unos ejemplos de estas acciones son, por ejemplo, el control de la recepción de materias primeras y distribución del producto, el mantenimiento de ciertos equipos, como calderas, bombas, compresores, etc., y el control de las áreas de tratamiento de residuos.

Con la realización de todas estas acciones se prevé aplicar pequeños cambios funcionales en el proceso de producción, que provoquen que éste sea el adecuado y estipulado desde un principio. A su vez, con la realización de estos pequeños cambios se intentará producir pequeñas mejoras en el proceso de producción que, a la larga, produzcan la optimización de dicho proceso.

9.2. MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS

Periódicamente se tendrá que realizar el mantenimiento de los equipos de proceso. Esta tarea se basa, básicamente en la limpieza y puesta a punto de los equipos de proceso. Unos de los equipos que requerirán más limpieza son aquellos en los que se trabaja con la lechada de cal (TD-801, R-802 y R-804), ya que ésta puede producir muchos problemas de incrustaciones. En lo relativo a los recipientes que contienen peróxido de hidrógeno (R-801, T-801), éstos deberán tener un mantenimiento exhaustivo, ya que se tienen que desactivar las superficies mojadas (limpieza, decapado y neutralización completa). De la misma forma, se deberán mantener las paredes de los recipientes completamente lisas y las juntas y soldaduras con un relieve mínimo.

En referencia a los equipos de servicios, los chillers a veces pueden provocar problemas, debido a su baja temperatura de trabajo. Se debe vigilar que no se formen capas de hielo en éstos y, en caso de formarse, eliminarlas lo antes posible. También se tiene que tener un control exhaustivo sobre las aguas que circulan por los circuitos de refrigeración y torre de refrigeración. Se tiene que vigilar que el agua que circula por estos esté siempre limpia, para evitar la formación y crecimiento de microorganismos. Para este cometido se tendrán que realizar purgas (que serán repuestas por agua limpia), controles de temperatura y controles biológicos para añadir biocidas en el caso de que haya proliferación de microorganismos.

Para equipos de proceso como bombas y compresores se deberán realizar revisiones y pequeños cambios periódicos, debido a su alta actividad. Por este motivo el conjunto de bombas de la planta estará doblado. Así se podrán realizar inspecciones y mantenimiento de éstas.

9.3. LLENADO Y VACIADO DE TANQUES

Para el llenado y vaciado de planta se ha diseñado un sistema que combina una parte manual y una automática.

En referencia a los tanques de etileno (T-101/108), cuando el reactivo llega en camiones y se dispone a descargarlo, se escogerá el tanque que esté vacío para realizar el llenado. Para el envío del etileno al proceso, el sistema de control operará automáticamente para la descarga de los tanques de almacenamiento. Se descargará hasta el nivel mínimo de carga del equipo y, a través de la automatización de las válvulas, se cerrará la del equipo vacío y se abrirá la del siguiente equipo lleno.

A la hora del vaciado de los tanques de producto (T-109/113) se operará de manera contraria. La salida de producto se irá enviando a los tanques de manera automática, de manera que cuando en uno se llegue al nivel máximo, se pasará al llenado del siguiente tanque. Cuando la acción sea de descarga de éstos, se deberá seleccionar el tanque del cual se quiere obtener el producto.