

- 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 Sentmenat (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 Sentmenat (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

Numero CE:231-596-2

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 verter 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. Estabilidad 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.

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, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico. En caso de contacto con la piel, lávese 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)



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: CO0100

Denominación del producto: Cobre(II) cloruro dihidrato, purísimo, USP

Uso de la sustancia o el preparado:

catalizador, tinta invisible, química analítica.

Identificación de la sociedad o empresa:

Empresa:

Scharlab, S.L.

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

08181 Sentmenat (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 Sentmenat (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: 10125-13-0

Peso molecular: 170,48

Numero CE: 231-210-2

Formula: $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

3. Identificación de peligros

Peligros que presenta la sustancia según las directivas europeas:

Nocivo por ingestión. Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias. Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

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: CO0100

Cobre(II) cloruro dihidrato, purísimo, USP

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 verter por el sumidero.

Procedimientos de limpieza: Recoger en seco y eliminar los residuos. Aclarar. Intentar que no se forme polvo.

7. Manipulación y almacenamiento

Manipulación: Sin más exigencias.

Almacenamiento: Almacenar bien cerrado, seco. Almacenar entre +15°C y +25°C.

8. Controles de exposición/protección personal

Valores límite de la exposición: (MAK, Alemania): 0,1 mg/m³

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: sólido

Color: azul

Olor: inodoro

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

Valor de pH: (50 g/l H₂O, 20 °C) 3,0 - 3,8

Punto/intervalo de ebullición: ---

Punto de destello: ---

Límites de explosión (bajo): ---

Límites de explosión (alto): ---

Presión de vapor: ---

Densidad (20 °C): ---

Solubilidad en agua: (20 °C): 1150 g/l

Viscosidad: ---

Índice de refracción: ---

Punto/intervalo de fusión: ~ 100 °C

Punto de ignición: ---

10. Estabilidad y reactividad

Condiciones a evitar: Calentamiento fuerte.

Materias a evitar: metales alcalinos (sodio, litio, potasio...).

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

Información adicional: higroscópico (capta moléculas de agua), incompatible con varios metales, elimina el agua de cristalización por calefacción.

Referencia: CO0100

Cobre(II) cloruro dihidrato, purísimo, USP

Scharlau - MSDS

11. Información toxicológica**Toxicidad aguda:****DL₅₀ (oral, rata):** 584 mg/kg (anhydrous substance)**Informaciones complementarias sobre toxicidad:****Tras inhalación:** Irritación de las mucosas, dificultad para respirar y tos.**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.

Síntomas posibles: vómito, descomposición, bajada de la tensión sanguínea.

Tras ingestión (grandes cantidades): afecciones sobre el sistema nervioso central, alteraciones del cuadro sanguíneo.

Información adicional:

No pueden descartarse propiedades peligrosas adicionales.

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

12. Informaciones ecológicas**Ecotoxicidad:** Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

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

Persistencia y degradabilidad: Para las sustancias inorgánicas no podemos aplicar los métodos para la determinación de la biodegradabilidad.**Observaciones ecológicas adicionales:**

Para compuestos de cobre: Efectos biológicos: Tóxico para organismos acuáticos.

Los iones Cu resultan tóxicos para los peces, las algas, los protozoos y las bacterias a partir de <1 mg/l. Para peces *C. auratus*, resultan letales a partir de 0,01 mg/l; para los bivalvos, son tóxicos desde 0,55 mg/l en 12 horas. Para ostras, tóxico a partir de 0,1 mg/l.

¡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:** 2802**Clasificación ADR:** 8 C2 III**Nombre técnico correcto:** CLORURO DE COBRE**Transporte por mar:****Número UN:** 2802**Clasificación IMDG:** 8 III**Nombre técnico correcto:** CLORURO DE COBRE**Transporte por aire:****Número UN:** 2802**Clasificación IATA/ICAO:** 8 III**Nombre técnico correcto (IATA):** CLORURO DE COBRE

Referencia: CO0100

Cobre(II) cloruro dihidrato, purísimo, USP

Scharlau - MSDS

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: Xn (Nocivo), N (Peligroso para el medio ambiente)

Frases R: 22-36/37/38-50/53 Nocivo por ingestión. Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias. Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

Frases S: 26-46-61 En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico. En caso de ingestión, acuda inmediatamente al médico y muéstrela la etiqueta o el envase. Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

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.

5.9. Señalización.

Las disposiciones mínimas para la señalización de seguridad y salud en el trabajo vienen dadas por el Real Decreto 485/1997, de 14 de Abril, cuyo ámbito de aplicación es la señalización de seguridad y salud en el trabajo referida a las zonas, locales, vías, recorridos, peligros derivados de la actividad o la propia instalación, los medios de protección, emergencia, socorro y salvamento de los lugares de trabajo con el fin de salvaguardar la seguridad y salud de los trabajadores.

La señalización son códigos de lenguaje internacionales que dan información y una conducta a seguir, en ningún momento eliminan peligros. A efectos de este Real Decreto se entiende por:

- a) **Señalización de seguridad y salud en el trabajo:** una señalización 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.
- b) **Señal de prohibición:** una señal que prohíbe un comportamiento susceptible de provocar un peligro.
- c) **Señal de advertencia:** una señal que advierte de un riesgo o peligro.
- d) **Señal de obligación:** una señal que obliga a un comportamiento determinado.
- e) **Señal de salvamento o de socorro:** una señal que proporciona indicaciones relativas a las salidas de socorro, a los primeros auxilios o a los dispositivos de salvamento.
- f) **Señal indicativa:** una señal que proporciona otras informaciones distintas de las previstas en las letras b) a e).
- g) **Señal en forma de panel:** una señal que, por la combinación de una forma geométrica, de colores y de un símbolo o pictograma, proporciona una determinada información, cuya visibilidad está asegurada por una iluminación de suficiente intensidad.
- h) **Señal adicional:** una señal utilizada junto a otra señal de las contempladas en el párrafo g) y que facilita informaciones complementarias.
- i) **Color de seguridad:** un color al que se atribuye una significación determinada en relación con la seguridad y salud en el trabajo.

- j) **Símbolo o pictograma:** una imagen que describe una situación u obliga a un comportamiento determinado, utilizada sobre una señal en forma de panel o sobre una superficie luminosa.
- k) **Señal luminosa:** una señal emitida por medio de 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.
- l) **Señal acústica:** una señal sonora codificada, emitida y difundida por medio de un dispositivo apropiado, sin intervención de voz humana o sintética.
- m) **Comunicación verbal:** un mensaje verbal predeterminado, en el que se utiliza voz humana o sintética.
- n) **Señal gestual:** 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.

Las situaciones que se deben mantener señalizadas son las siguientes:

- ❖ El acceso a todas aquellas zonas o locales para cuya actividad se requiera la utilización de un equipo o equipos de protección individual (dicha obligación no solamente afecta al que realiza la actividad, sino a cualquiera que acceda durante la ejecución de la misma: señalización de obligación).
- ❖ Las zonas o locales que, para la actividad que se realiza en los mismos o bien por el equipo o instalación que en ellos exista, requieran de personal autorizado para su acceso (señalización de advertencia de peligro de la instalación o señales de prohibición a personas no autorizadas).
- ❖ Señalización en todo el centro de trabajo, que permita conocer a todos sus trabajadores situaciones de emergencias y/o instrucciones de protección en su caso (La señalización de emergencia puede ser mediante señales acústicas o comunicaciones verbales, o bien en zonas donde la intensidad de ruido ambiental no lo permita o las capacidades físicas auditivas estén limitadas, mediante señales luminosas).
- ❖ La señalización de los equipos de lucha contra incendios, las salidas y recorridos de evacuación y la ubicación de primeros auxilios (señalización en forma de panel), tal como establece el RD 485/1997, en el Anexo III, puntos 4º y 5º. La señalización de los equipos de protección contra incendios (extintores) se debe

señalizar por un doble motivo: en primer lugar para poder ser vistos y utilizados en caso necesario y en segundo lugar para conocer su ubicación una vez utilizados.

- ❖ Cualquier otra situación que, como consecuencia de la evaluación de riesgos y las medidas implantadas (o la no existencia de las mismas), así lo requiera, en cuyo caso se deberá recurrir al Anexo VII de este Real Decreto “disposiciones mínimas relativas a diversas señalizaciones”, por si las situaciones presentes se corresponden con situaciones contempladas en dicho Anexo.

Los tipos de señalización en el lugar de trabajo se clasifican en:

- Señales acústicas.
- Señales visuales.
- Señales táctiles.
- Señales verbales y gestuales.

Destaca por su importancia, efectividad y utilización mayoritaria, la señalización óptica, en sus diversas formas: Señales en forma de panel y señales luminosas.

5.9.1. Señales visuales

En la señalización visual es de máxima importancia los colores utilizados. Estos colores de seguridad podrán formar parte de una señalización de seguridad o constituirlos por sí mismos. En el siguiente cuadro se muestran los colores de seguridad, su significado y otras indicaciones sobre su uso:

Tabla 5.9.1.1. 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, o 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, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 5.9.1.2. Colores de seguridad

Color de seguridad	Color de contraste
Rojo	Blanco
Amarillo o amarillo anaranjado	Negro
Azul	Blanco
Verde	Blanco

Cuando la señalización de un elemento se realice mediante un color de seguridad, las dimensiones de la superficie coloreada deberán guardar proporción con las del elemento y permitir su fácil identificación.

5.9.1.1 Tipos de señalización visual.

5.9.1.1.1. Señales de advertencia

Forma triangular. Pictograma negro sobre fondo amarillo (el amarillo deberá cubrir como mínimo el 50 por 100 de la superficie de la señal), bordes negros.

Como excepción, el fondo de la señal sobre «materias nocivas o irritantes» será de color naranja, en lugar de amarillo, para evitar confusiones con otras señales similares utilizadas para la regulación del tráfico por carretera.

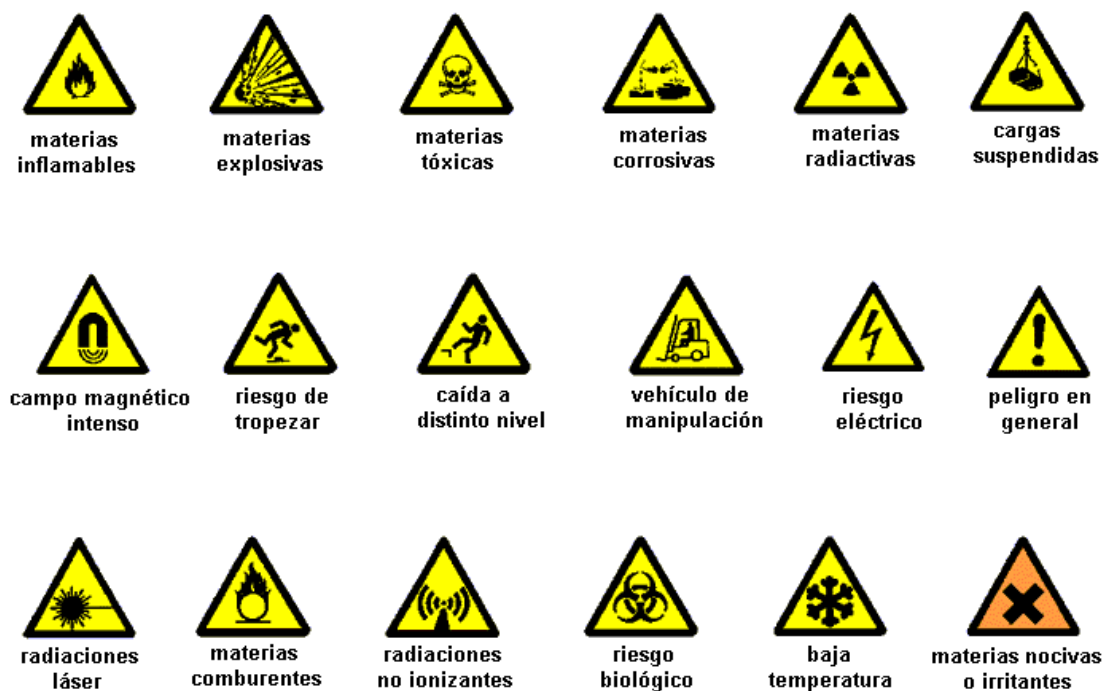


Figura 5.9.1.1.1. Principales tipos de señales de advertencia.

5.9.1.1.2. Señales de prohibición

Forma redonda. Pictograma negro sobre fondo blanco, bordes y banda (transversal descendente de izquierda a derecha atravesando el pictograma a 45º respecto a la horizontal) rojos (el rojo deberá cubrir como mínimo el 35 por 100 de la superficie de la señal).



Figura 5.9.1.1.2.1. Tipos de señales de prohibición.

5.9.1.1.3. Señales de obligación

Forma redonda. Pictograma blanco sobre fondo azul (el azul deberá cubrir como mínimo el 50 por 100 de la superficie de la señal).



Figura 5.9.1.1.3.1. Principales tipos de señales de obligación.

5.9.1.1.4. Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios.

Tienen forma rectangular o cuadrada. El pictograma tiene que ser blanco sobre fondo rojo (el rojo deberá cubrir como mínimo el 50 por 100 de la superficie de la señal).



Figura 5.9.1.1.4.1. Señales relacionadas con la extinción de incendios.

5.9.1.1.5. Señales de salvamento o socorro

Forma rectangular o cuadrada. Pictograma blanco sobre fondo verde (el verde deberá cubrir como mínimo el 50 por 100 de la superficie de la señal).



Figura 5.9.1.1.5.1. Tipos de señales de salvamento y socorro.

5.9.1.1.6. Señal de riesgo complementaria

El Real Decreto incluye también, como señal complementaria, la de riesgo permanente, que se empleará en aquellos casos en los que no se puedan utilizar formas geométricas normalizadas para su señalización. La señalización se hará mediante franjas alternas amarillas y negras, con inclinación aproximada de 45º, siguiendo el modelo:



Figura 5.10. Modelo representativo de señal de riesgo permanente.

5.9.1.2 Señalización luminosa.

La luz emitida por la señal deberá provocar un contraste luminoso apropiado respecto a su entorno, en función de las condiciones de uso previstas. Su intensidad deberá asegurar su percepción, sin llegar a producir deslumbramientos.

La superficie luminosa que emita una señal podrá ser de color uniforme, o llevar un pictograma sobre un fondo determinado. En el primer caso, el color deberá ajustarse a lo

dispuesto en el apartado 1 del anexo II del R.D. 485/1997; en el segundo caso, el pictograma deberá respetar las reglas aplicables a las señales en forma de panel definidas en el anexo III de la misma normativa aplicable.

Si un dispositivo puede emitir una señal tanto continua como intermitente, la señal intermitente se utilizará para indicar, con respecto a la señal continua, un mayor grado de peligro o una mayor urgencia de la acción requerida.

No se utilizarán al mismo tiempo dos señales luminosas que puedan dar lugar a confusión, ni una señal luminosa cerca de otra emisión luminosa apenas diferente.

Cuando se utilice una señal luminosa intermitente, la duración y frecuencia de los destellos deberán permitir la correcta identificación del mensaje, evitando que pueda ser percibida como continua o confundida con otras señales luminosas.

Los dispositivos de emisión de señales luminosas para uso en caso de peligro grave deberán ser objeto de revisiones especiales o ir provistos de una bombilla auxiliar.

5.9.2. Señales acústicas

Las señales acústicas deberán tener un nivel sonoro superior al nivel de ruido ambiental, de forma que sea claramente audible, sin llegar a ser excesivamente molesto, evitando utilizar una señal acústica cuando el ruido ambiental sea demasiado intenso.

El tono de la señal acústica o cuando se trate de señales intermitentes, la duración, intervalo y agrupación de los impulsos, deberá permitir su correcta identificación y clara distinción frente a otras señales acústicas o ruidos ambientales.

No deberán utilizarse dos señales acústicas simultáneamente.

Si un dispositivo puede emitir señales acústicas con un tono o intensidad variables o intermitentes, o con un tono o intensidad continuos, se utilizarán las primeras para indicar, por contraste con las segundas, un mayor grado de peligro o una mayor urgencia de la acción requerida.

El sonido de una señal de evacuación deberá ser continuo.

5.9.3. Señales gestuales.

A continuación se representan en las siguientes tablas las formas de señalización gestual más utilizadas, incluyendo una breve descripción de cada una:

Tabla 5.9.3.1. Tipos de señalización gestual.

Significado	Descripción	Ilustración
Levar	Brazo derecho extendido hacia arriba, la palma de la mano derecha hacia adelante, describiendo lentamente un círculo	
Bajar	Brazo derecho extendido hacia abajo, palma de la mano derecha hacia el interior, describiendo lentamente un círculo	
Distancia vertical	Las manos indican la distancia	

Significado	Descripción	Ilustración
Peligro: Alto o parada de emergencia	Los dos brazos extendidos hacia arriba, las palmas de las manos hacia adelante.	
Rápido	Los gestos codificados referidos a los movimientos se hacen con rapidez	
Lento	Los gestos codificados referidos a los movimientos se hacen muy lentamente	

Comienzo: Atención Toma de mando	Los dos brazos extendidos de forma horizontal, las palmas de las manos hacia adelante.	
Alto: Interrupción Fin de movimiento	El brazo derecho extendido hacia arriba, la palma de la mano hacia adelante.	
Fin de las operaciones	Las dos manos juntas a la altura del pecho	

Significado	Descripción	Ilustración
<u>Avanzar</u>	Los dos brazos doblados, las palmas de las manos hacia el interior, los antebrazos se mueven lentamente hacia el cuerpo.	
<u>Retroceder</u>	Los dos brazos doblados, las palmas de las manos hacia el exterior, los antebrazos se mueven lentamente alejándose del cuerpo.	
Hacia la derecha: Con respecto al encargado de las señales	El brazo derecho extendido más o menos en horizontal, la palma de la mano derecha hacia abajo, hace pequeños movimientos lentos indicando la dirección.	
Hacia la izquierda: Con respecto al encargado de las señales	El brazo izquierdo extendido más o menos en horizontal, la palma de la mano izquierda hacia abajo, hace pequeños movimientos lentos indicando la dirección.	
Distancia horizontal	Las manos indican la distancia	

5.9.4. Señalización de vías de circulación

Cuando sea necesario para la protección de los trabajadores, las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de un color bien visible, preferentemente blanco o amarillo, teniendo en cuenta el color del suelo.

La delimitación deberá respetar las necesarias distancias de seguridad entre vehículos y objetos próximos, y entre peatones y vehículos.

Las vías exteriores permanentes que se encuentren en los alrededores inmediatos de zonas edificadas deberán estar delimitadas cuando resulte necesario, salvo que dispongan de barreras o que el propio tipo de pavimento sirva como delimitación.

5.9.5. Señalización de conducciones

Los recipientes y tuberías visibles que contengan o puedan contener productos a los que sea de aplicación la normativa sobre comercialización de sustancias o preparados peligrosos deberán ser etiquetados según lo dispuesto en la misma. Se podrán exceptuar los recipientes utilizados durante corto tiempo y aquellos cuyo contenido cambie a menudo, siempre que se tomen medidas alternativas adecuadas, fundamentalmente de formación e información, que garanticen un nivel de protección equivalente.



Figura 5.9.5.1. Recipientes etiquetados según normativa de comercialización y transporte de sustancias o preparados peligrosos.

Las etiquetas se pegarán, fijarán o pintarán en sitios visibles de los recipientes o tuberías. En el caso de éstas, las etiquetas se colocarán a lo largo de la tubería en número suficiente, y siempre que existan puntos de especial riesgo, como válvulas o conexiones, en su proximidad. Las características intrínsecas y condiciones de utilización de las etiquetas deberán ajustarse, cuando proceda, a lo dispuesto para los paneles en los apartados 1.3.o y 2 del *anexo III del Real Decreto 485/1997* de 14 de abril.

La información de la etiqueta podrá complementarse con otros datos, tales como el nombre o fórmula de la sustancia o preparado peligroso o detalles adicionales sobre el riesgo.

El etiquetado podrá ser sustituido por las señales de advertencia contempladas en el *anexo III* del *R.D. 485/1997*, con el mismo pictograma o símbolo; en el caso del transporte de recipientes dentro del lugar de trabajo, podrá sustituirse o complementarse por señales en forma de panel de uso reconocido, en el ámbito comunitario, para el transporte de sustancias o preparados peligrosos.

Las zonas, locales o recintos utilizados para almacenar cantidades importantes de sustancias o preparados peligrosos deberán identificarse mediante la señal de advertencia apropiada, de entre las indicadas en el *anexo III* del citado *Real Decreto*. Ello no será necesario cuando las etiquetas de los distintos embalajes y recipientes, habida cuenta de su tamaño, hagan posible por sí mismas dicha identificación.

Se puede complementar la señalización descrita en el *R.D. 485/1997* con la aplicación de la norma DIN 2403 referente a señalización de tuberías. Siguiendo dicha norma, 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, ello podrá indicarse mediante una flecha, de color blanco o negro, de forma que contraste con el color básico de fondo. En caso de utilizarse la señalización mediante una banda longitudinal, el sentido de circulación podrá determinarse por la extremidad puntiaguda de la banda

Tabla 5.9.5.1. Color identificativo de tuberías según la norma DIN 2403.

Fluido	Color Básico	Estado Fluido	Color Complementario	Ejemplo
ACEITES	Marrón	Gas-oil	Amarillo	
		De alquitrán	Negro	
		Bencina	Rojo	
		Benzol	Blanco	
*ÁCIDO	Naranja	Concentrado	Rojo	
AIRE	Azul	Caliente	Blanco	
		Comprimido	Rojo	
		Polvo carbón	Negro	
AGUA	Verde	Potable	Verde	
		Caliente	Blanco	
		Condensada	Amarillo	
		A presión	Rojo	
		Salada	Naranja	
		Uso industrial	Negro	
		Residual	Negro + Negro	
ALQUITRÁN	Negro			
BASES	Violeta	Concentrado	Rojo	
GAS	Amarillo	Depurado	Amarillo	
		Bruto	Negro	
		Pobre	Azul	
		Alumbrado	Rojo	
		De agua	Verde	
		De aceite	Marrón	
		* Acetileno	Blanco + Blanco	
		* Ácido carbónico	Negro + Negro	
		* Oxígeno	Azul + Azul	
		* Hidrógeno	Rojo + Rojo	
		* Nitrógeno	Verde + Verde	
		* Amoníaco	Violeta + Violeta	
VACÍO	Gris			
VAPOR	Rojo	De alta	Blanco	
		De escape	Verde	



Figura 5.9.5.1. Detalle de los diferentes tipos de señalización de tuberías en función del compuesto químico transportado, siguiendo la norma DIN 2403.

5.10. Equipos de protección.

5.10.1. Equipos de protección individual.

Con el fin de prevenir los riesgos de accidentes o de efectos perjudiciales para la salud, el Convenio número 155 de la Organización Internacional del Trabajo, de 22 de junio de 1981, ratificado por España el 26 de julio de 1985, establece en su artículo 16.3 la obligación de los empleadores de suministrar a sus trabajadores ropas y equipos de protección apropiados en función del puesto de trabajo desempeñado.

Siguiendo la definición dada en el artículo 2 del 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, 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 su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

Se excluyen de la definición:

- a. La ropa de trabajo corriente y los uniformes que no estén específicamente destinados a proteger la salud o la integridad física del trabajador.
- b. Los equipos de los servicios de socorro y salvamento.
- c. Los equipos de protección individual de los militares, de los policías y de las personas de los servicios de mantenimiento del orden.
- d. Los equipos de protección individual de los medios de transporte por carretera.
- e. El material de deporte.
- f. El material de autodefensa o de disuasión.
- g. Los aparatos portátiles para la detección y señalización de los riesgos y de los factores de molestia.

Todos los EPI's dispondrán del marcado "CE" que se colocará de forma visible, legible e indeleble, durante el período de duración previsible o vida útil.

A continuación se detallan los EPI's necesarios para el desarrollo de la actividad del presente proyecto, en función del área del cuerpo a proteger:

✓ **Protección de la cabeza**

El casco de protección, al igual que los demás equipos de protección individual, debe utilizarse cuando los riesgos presentes en el lugar de trabajo no se evitan con medios de protección colectiva técnicos o bien por medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

Los cascos serán de polietileno rígido, provistos de arnés regulable y bandas de amortiguación, con luz libre desde las mismas a la cima de 221 mm. Para los trabajadores con riesgo de caída de objetos sobre la cabeza será imprescindible el uso de casco. Éste puede ser con o sin barboquejo, dependiendo de si el operario debe o no agacharse. Los cascos serán homologados, con marcado CE y debiendo cumplir las condiciones impuestas por las Normas Técnicas de Prevención del Ministerio de Trabajo.



Figura 5.10.1.1. Representación y fotografías de casos de protección.

✓ Protección de las manos y brazos.

Según la norma UNE-EN 420 (de requisitos generales para los guantes de seguridad), un guante es un equipo de protección individual que debe proteger la mano o una parte de ella contra riesgos mecánicos, térmicos, químicos y biológicos, eléctricos, vibraciones y radiaciones ionizantes, en función del tipo de guante seleccionado. En algunos casos los guantes pueden cubrir parte del antebrazo y el brazo.

Los guantes de seguridad utilizados por los operarios serán diferenciados según sea la protección frente a los agentes químicos o frente a agresivos físicos. Estarán confeccionados en materiales naturales o sintéticos, no rígidos, impermeables a los productos agresivos de uso común y de características mecánicas adecuadas. Carecerán de orificios, grietas o cualquier deformación o imperfección que merme sus propiedades. Se adaptarán a la configuración de la mano, haciendo confortable su uso. La talla, medida de perímetro de contorno del guante a la altura de la base de los dedos, será la adecuada al operario. En la UNE-EN-240 se definen las características de los guantes de uso para trabajadores.



Figura 5.10.1.2. Fotografías de diferentes tipos de guantes de seguridad.

✓ **Protección de los pies y de las piernas.**

- Botas reforzadas de seguridad

Las botas de seguridad reforzadas están compuestas por la bota propiamente dicha construida en cuero, la puntera reforzada interiormente con plancha metálica que impida el aplastamiento de los dedos en el caso de caída de objetos pesados sobre ella, y suela metálica que impida el paso de elementos punzantes a su través, revestida exteriormente con material antideslizante. Están diseñadas para ofrecer protección frente al impacto cuando se ensaye con un nivel de energía de 200 J.

- Botas impermeables

Estarán compuestas por material de caucho o goma en una sola pieza, revestidas interiormente por felpilla que recoja el sudor. Se utilizarán en trabajos en los que exista agua o humedad, debiendo secarse cuando varían las condiciones de trabajo.



Figura 5.10.1.3. Fotografías de bota de seguridad (izquierda) y bota impermeable (derecha).

✓ **Protección ocular y de la cara**

- Gafas de protección.

Se usarán en los trabajos con riesgo de impacto de partículas, salpicaduras, atmósferas contaminadas, etc. Estas gafas de protección tendrán, además de unos oculares de resistencia adecuada, un diseño de montura y unos elementos adicionales, a fin de proteger el ojo en cualquier dirección: superior, temporal e inferior.



Figura 5.10.1.4. Representación de gafas de protección.

- Pantallas de protección.

Se emplea este tipo de pantallas cuando es necesario realizar trabajos de soldadura. El armazón está fabricado en materiales opacos a las radiaciones. Están provistas de filtro u oculares filtrantes adecuados a la intensidad de las radiaciones existentes en el lugar de trabajo, expresando su grado de protección N, dependiendo de la intensidad de la radiación. Delante llevará sobre el filtro un cubrefiltro, cuya misión es la de preservar los primeros de los posibles riesgos mecánicos y detrás del filtro, un antecristal destinado a preservar el ojo del trabajador contra partículas que puedan existir en el ambiente laboral.

Para soldaduras con oxiacetilénica se tomará en valor de protección N entre 4 y 7. Para soldadura con oxicorte entre 5 y 7. Para soldadura con plana entre 5 y 10. Para soldadura de arco entre 10 y 15.



Figura 5.10.1.5. Fotografía de pantalla de soldadura (izquierda) y pantalla antiproyecciones (derecha).

✓ **Protección del cuerpo**

Para la protección de los operarios contra el calor se emplearán trajes en cuero. Para la protección de los operarios contra el frío se emplearán prendas a base de tejidos acolchados con materiales aislantes. Se dispondrán prendas de señalización tales como cinturones,

brazaletes, guantes, chalecos, etc., para ser utilizados en lugares de poca iluminación, trabajos nocturnos, donde existan riesgos de colisión, atropello, etc.

✓ **Protección contra caídas de altura**

Estos equipos se clasifican en:

- Sistemas de sujeción: destinados a sujetar al trabajador mientras realiza el trabajo en altura (cinturón de sujeción). Se empleará en aquellos casos en los que el usuario no necesite desplazarse. El elemento de amarre del cinturón debe estar siempre tenso.
- Sistemas anticaídas: constan de un arnés anticaídas, un elemento de amarre y una serie de conectores (argollas, mosquetones, etc.) Este dispositivo frena y detiene la caída libre de un operario. Para disminuir la caída libre se acortará el elemento de amarre.
- Dispositivo anticaídas: constan de un arnés anticaídas y un sistema de bloqueo automático. Puede ser deslizante o retráctil.



Figura 5.10.1.6. Representación de cinturón de sujeción (izquierda) y arnés anticaídas (derecha).

Los cinturones utilizados pueden ser de tres tipos:

- Cinturón de clase A: compuesto por una faja o arnés, con elemento de amarre y mosquetón de seguridad provisto de una o dos zonas de conexión. Debe estar homologado de acuerdo con las Normas Técnicas de Prevención del Ministerio de Trabajo MT-9.
- Cinturón de clase C: compuesto por una faja, arnés torácico, elemento de amarre con mosquetón de seguridad y dispositivo entreoídas. Se emplearán en los trabajos que requieran un desplazamiento del operario,

con lo que éste no puede permanecer a distancia constante del punto de amarre o cable fiador.

- Cinturón antivibratorio: compuesto por una faja de doble lona de sarga de algodón pegada, con objetos metálicos que permiten la transpiración y refuerzos de eska en zonas vitales. Estos cinturones antivibratorios serán utilizados por conductores de maquinaria de movimiento de tierras o camiones, así como operarios que deban utilizar de manera prolongada martillos perforadores o picadores neumáticos.

✓ **Protectores auditivos**

Se distinguen dos tipos:

- Protectores externos (orejeras): cubren totalmente el pabellón auditivo, constan de dos casquetes y arnés de fijación con una almohadilla absorbente y un cojín para la adaptación a la oreja.
- Protectores internos (tapones): se introducen en el canal externo del oído. Su poder de atenuación es menor que el de las orejeras. Son fáciles de transportar, confortables y facilitan el movimiento en el trabajo.

Para elegir correctamente el protector auditivo es necesario comenzar por analizar y valorar el riesgo de ruido, determinando los valores y los tiempos de exposición de los trabajadores.



Figura 5.10.1.7. Fotografía de diferentes tipos de protectores acústicos, tapones (izquierda) y orejeras (derecha).

✓ **Mascarillas autofiltrantes**

Su función es la de proporcionar al trabajador que se encuentra en un ambiente contaminado, el aire que precisa para respirar en las debidas condiciones higiénicas. Se distinguen dos tipos básicos de mascarillas, las destinadas a la protección frente a gases y vapores y las empleadas en la protección frente a polvo y partículas. Estas últimas se utilizarán en todos los trabajos en los que se produzca polvillo tales como picado con martillos neumáticos, uso de rebarbadoras, mesas de corte circular, etc.

Las mascarillas estarán compuestas por: cuerpo de la mascarilla, arnés de sujeción de dos bandas ajustables y válvula de exhalación, debiendo estar homologada según las Normas de Prevención del Ministerio de Trabajo MT-13.



Figura 5.10.1.8. Fotografías de mascararas de protección de gases (izquierda), y mascara de partículas (derecha).

A la hora de establecer los equipos de protección necesarios para el desarrollo de la actividad contemplada en el presente proyecto, se deben distinguir dos etapas, la fase de construcción de la planta y la fase de operación de la misma.

En la **fase de construcción**, se contempla la utilización de los siguientes equipos en función del tipo de actividad desarrollada:

- Excavación de zanjas, pozos y cimientos
 - Casco de polietileno.
 - Gafas antipolvo.
 - Mascarilla antipolvo con filtro mecánico recambiable.
 - Cinturón de seguridad (clase A, B o C).
 - Guantes de cuero.
 - Botas de seguridad.
 - Botas de goma de media caña.
 - Traje impermeable.
 - Traje de trabajo.
 - Protectores auditivos.
 - Chaleco reflectante.

- Relleno de tierras
 - Casco de polietileno.
 - Gafas antipolvo.
 - Mascarilla antipolvo con filtro mecánico recambiable.
 - Cinturón de antivibratorio.
 - Guantes de cuero.
 - Botas de seguridad.
 - Botas impermeables de seguridad.
 - Traje impermeable.
 - Ropa de trabajo.
 - Chaleco reflectante.

- Colocación de tuberías y canalizaciones
 - Casco de polietileno.
 - Gafas antiproyecciones.
 - Guantes de goma.
 - Botas de seguridad.

- Botas de goma de media caña.
- Traje impermeable.
- Traje de trabajo.
- Chaleco reflectante o nocturno.
- Comando de abrigo.
- Faja elástica de protección sobreesfuerzos.

- Obras de hormigonado
 - Casco de polietileno.
 - Gafas antiproyecciones.
 - Cinturón de seguridad de sujeción.
 - Cinturón portaherramientas.
 - Guantes de cuero.
 - Guantes impermeables.
 - Botas de seguridad.
 - Botas de PVC de media caña.
 - Traje impermeable.
 - Traje de trabajo.
 - Protectores auditivos.
 - Chaleco reflectante.
 - Comando de abrigo.
 - Faja elástica de protección sobreesfuerzos.
 - Faja antivibratoria.
 - Muñequeras antivibratorias.

- Montaje
 - Casco de seguridad.
 - Cinturón de seguridad anticaídas.
 - Guantes de cuero.
 - Botas de seguridad.
 - Botas de seguridad para agua.
 - Traje impermeable.
 - Mandil de cuero.

- Instalación de líneas eléctricas y luminarias
 - Casco de seguridad.
 - Gafas antiproyecciones.
 - Cinturón de seguridad anticaídas.
 - Guantes de cuero.
 - Guantes de goma o PVC.
 - Guantes aislantes para alta tensión.
 - Guantes aislantes para baja tensión.
 - Botas de seguridad.
 - Botas de PVC o goma.
 - Traje impermeable.
 - Botas protectoras de riesgos eléctricos.

- Pruebas de presión y estanqueidad
 - Gafas de protección mecánica.
 - Equipo respiratorio.

- Maquinaria
 - Camión grúa
 - Casco con protectores contra el ruido.
 - Gafas de seguridad antiproyecciones.
 - Botas con suela antideslizante.
 - Traje de trabajo.
 - Guantes de loneta impermeabilizada.

 - Grúa autopropulsada
 - Casco con protectores contra el ruido.
 - Fajas y muñequeras contra sobreesfuerzos.
 - Botas de seguridad.
 - Guantes de loneta impermeabilizada.

- Cortadora
 - Casco de seguridad.
 - Gafas de seguridad antiproyecciones.
 - Guantes de cuero.
 - Mascarilla antipolvo con filtro mecánico recambiable.
- Vibrador
 - Casco de seguridad.
 - Gafas de protección contra salpicaduras.
 - Botas de goma o PVC.
 - Guantes dieléctricos.
 - Muñequeras antivibraciones.
- Sierra circular
 - Casco de seguridad.
 - Gafas de protección antiproyecciones de partículas.
 - Botas de seguridad.
 - Guantes de cuero.
- Soldadura
 - Pantalla manual o cefálica con cristal inactínico protegido por otro blanco.
 - Gafas de seguridad.
 - Botas de seguridad.
 - Guantes de cuero.
 - Delantal.
 - Manguitos.
 - Polainas.
- Productos químicos
 - Casco de polietileno.
 - Ropa de trabajo.
 - Botas de seguridad.
 - Mascarilla con filtro.
 - Guantes de cuero.

- Gafas de protección contra salpicaduras.

En la **etapa de operación de la planta**, se consideran los diferentes equipos de protección individual en función del tipo de sustancias que se manipulen y sus efectos sobre la salud:

Tabla 5.10.1.. Equipos de protección individual necesarios en la fase de operación.

TIPO DE SUSTANCIA	TOXICOLOGÍA	EQUIPOS DE PROTECCIÓN
Acetaldehído	Nocivo por inhalación y en contacto con los ojos y la piel. No ingerir.	Máscara de gases, guantes de protección y gafas de seguridad o pantalla facial de protección ocular combinada con protección respiratoria.
Etileno	Nocivo por inhalación.	Máscara de protección, respiración artificial de ser necesario y gafas de seguridad.
Ácido clorhídrico	Toxico por inhalación. Corrosivo por inhalación y en contacto con la piel y los ojos.	Máscara de gases, guantes de protección, traje de protección, gafas de seguridad, pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.
Ácido acético	Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel y los ojos. Corrosivo	Máscara de gases, guantes de protección, traje de protección y pantalla facial.
Crotonaldehído	Tóxico por inhalación, en contacto con la piel y los ojos y por ingestión.	Máscara de gases, guantes de protección, traje de protección, pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria.
Cloroacetaldehído	Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel y los ojos.	Máscara de gases, guantes de protección, traje de protección, gafas de seguridad o pantalla facial de protección ocular combinada con protección respiratoria.
Dióxido de carbono	Nocivo por inhalación y nocivo en contacto con la piel y los ojos en su forma líquida	Guantes aislantes del frío, traje de protección y gafas de seguridad o pantalla facial.
Cloruro de metilo	Nocivo por inhalación y en contacto con la piel.	Máscara de gases, guantes aislantes del frío, traje de protección, gafas de seguridad, pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.

5.10.2. Sistemas de protección colectiva.

En el diseño de los sistemas preventivos, se dará prioridad a los sistemas de protección colectivos sobre los personales o individuales. En cuanto a los sistemas colectivos, se seleccionarán las protecciones de tipo preventivo (eliminan los riesgos) sobre las de protección (no evitan el riesgo pero disminuyen o reducen los daños del accidente). Los medios de protección deberán ser revisados periódicamente y antes del inicio de cada jornada, para comprobar su efectividad.

a) Iluminación

Se cuidará que en todos los puntos exista suficiente iluminación, natural o Artificial, acorde a los siguientes valores:

- Zonas de paso: 20 lux.
- Zonas de trabajo 200-300 lux

Los accesorios de iluminación exterior serán estancos a la humedad. Está totalmente prohibido utilizar iluminación de llama.

b) Protección de personas en instalación eléctrica

La instalación eléctrica se ajustará al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión avalada por un instalador homologado. Las tomas de corriente estarán provistas de neutro con enclavamiento y serán blindadas. La distancia de seguridad a las líneas de alta tensión será: $3,3 + \text{Tensión (en kV)}/100 \text{ (m)}$.

En los trabajos en condiciones de humedad muy elevadas es preceptivo el empleo de transformador portátil de seguridad de 24 V o protección mediante transformador de separación de circuitos.

c) Protección contra caídas de personas y objetos

La instalación de barandillas, plataformas, pasarelas, escaleras y análogas seguirán los artículos 17-23 de la OGSHT, además de lo establecido en la OLC.

- **Redes de seguridad:** sus dimensiones se ajustarán al hueco a proteger. Serán de poliamida de alta tenacidad, con luz de malla de 7.5 x 7.5 cm., diámetro de hilo de 4 mm y cuerda de recercado perimetral de 12 mm de diámetro, de conformidad a la norma UNE 81-650-80.

- **Tapas en aberturas:** tableros que se colocan en los huecos horizontales de servicios y patinejos.
- **Barandillas de protección:** se colocan en el perímetro de huecos verticales y plataformas de trabajo siempre que exista un desnivel superior a 2 m.
- **Escaleras portátiles:** las escaleras que tengan que utilizarse en obra serán preferentemente de aluminio o hierro; de no ser posible, se utilizarán de madera, pero con los peldaños ensamblados y no clavados. Estarán dotadas de zapatas y reunirán las garantías necesarias de solidez, estabilidad y seguridad. Se apoyarán siempre sobre superficies planas y resistentes.
- **Pasarelas de madera:** se colocan para el paso de personas sobre zanjas, estando formadas por tablones trabados entre sí.

d) Protección de la maquinaria

Se adoptarán medidas técnicas para la protección de la maquinaria (defensa, resguardo y dispositivos de seguridad). La protección de las máquinas se encuentra regulada por la Directiva de Seguridad en Máquinas (89/292/CEE de 14 de junio) y el Reglamento de Seguridad en Máquinas (R.D. 1495/1986 de 26 de mayo).

e) Protección frente a agentes químicos

➤ **Vitrinas extractoras de gases**

Las vitrinas se distinguen de los demás dispositivos de extracción en que incluyen un encerramiento. Son equipos que capturan, contienen y expulsan las emisiones generadas por sustancias químicas peligrosas. Protegen contra proyección y salpicaduras y facilitan la renovación del aire limpio. El propósito de las vitrinas extractoras de gases es prevenir el vertido de contaminantes, extrayendo el aire hacia el interior de la campana, pasando por el operador.



Figura 5.10.1.2.1 . Fotografía de vitrina extractora de gases.

Recomendaciones para la utilización de las vitrinas extractoras:

- Se debe trabajar, al menos, a 15cm del marco de la campana.
- Las salidas de gases de los reactores deben estar enfocadas hacia la pared interior, y si fuera posible, hacia el techo de la campana.
- No se debe utilizar la campana como almacén de productos químicos. La superficie de trabajo debe mantenerse limpia y diáfana.
- Hay que tener precaución en las situaciones que requieren bajar la ventana de guillotina para conseguir una velocidad frontal mínimamente aceptable. La ventana debe colocarse a menos de 5cm de la superficie de trabajo.
- Las vitrinas extractoras deben estar siempre en buenas condiciones de uso. El operador no debería detectar olores fuertes procedentes del material ubicado en su interior. Si se detectan, hay que asegurarse de que el extractor está en funcionamiento.
- Se deberá realizar un mantenimiento preventivo de las vitrinas para que la velocidad siga dentro de los márgenes de seguridad, además de prestar especial atención a los conductos para evitar fugas.

➤ **Campanas localizadas**

La finalidad de estos equipos es facilitar la renovación del aire y eliminar los productos no deseables del ambiente.

En muchos casos es aconsejable instalar pequeñas campanas o rendijas en lugar de utilizar vitrinas. Los humos y gases calientes, en la mayoría de los casos podrán ser retirados

por una campana situada sobre ellos, prescindiendo de vitrinas cuyo coste es más elevado. Que el tiraje sea natural o forzado dependerá de las características de la contaminación generada y de su ubicación. Los sistemas de aplicación directa de la extracción localizada deben instalarse inmediatamente próximos a los focos de emisión de contaminantes, ya que con una adecuada velocidad de captación, se consiguen retiradas eficaces de aquéllos. Este es el caso de las campanas móviles conectadas a una red de extracción para llevar a cabo aspiraciones localizadas en operaciones en las que estén implicados pequeños montajes.

La velocidad de captación necesaria depende de la velocidad de producción del contaminante, su peligrosidad, su temperatura, su densidad, y de la existencia o no de corrientes de aire que interfieran. En la práctica, y en líneas generales, la retirada eficaz de gases o vapores exige velocidades de captación del orden de los 0,6-0,7 m/s en su zona de generación.

Si se trata de polvo, se recomiendan velocidades que oscilan desde 1,5 m/s hasta 2 m/s, en función de la naturaleza del polvo y de cómo se genere. En casos particulares, como puede ser una producción de humos desde un foco caliente y sin interferencias por corrientes de aire, bastan velocidades del orden de los 0,3 m/s. Por el contrario, si los humos son producidos en abundancia y poseen marcada peligrosidad, pueden requerirse captaciones de hasta 1 m/s en su foco de generación.

Existe además un requisito indispensable para la instalación de estos sistemas: Entre el captador (rendija, campana, etc.) y el foco de emisión no deben realizarse manipulaciones ni por supuesto encontrarse en ningún momento la zona respiratoria del personal. Es el inconveniente de realizar la captación en un ambiente abierto en lugar de efectuarla en un recinto cerrado, como era en el caso de las vitrinas de gases. Las ventajas que presentan frente a éstas los sistemas de aplicación directa son su bajo coste y la retirada eficaz de contaminantes moviendo caudales de aire relativamente bajos a mayor velocidad.



Figura 5.10.1.2.2. Fotografía de campana de extracción de gases localizada.

➤ **Lavaojos**

Es un sistema que debe permitir la descontaminación rápida y eficaz de los ojos y que está constituido básicamente por dos rociadores o boquillas capaces de proporcionar un chorro de agua potable para lavar los ojos o la cara, una pileta provista del correspondiente desagüe, de un sistema de fijación al suelo o a la pared y de un accionador de pie (pedal) o de codo.

El chorro proporcionado por las boquillas debe ser de baja presión para no provocar daño o dolor innecesario. El agua debe ser potable y es recomendable que sea templada.

Recomendaciones de uso:

- Las lentes de contacto deben extraerse lo más pronto posible para lavar los ojos y eliminar las sustancias químicas peligrosas. En todo caso es muy recomendable no usar lentes de contacto en el puesto de trabajo.
- El agua no se debe aplicar directamente sobre el globo ocular, sino a la base de la nariz, esto hace que sea más efectivo el lavado de los ojos, extrayendo las sustancias químicas (los chorros potentes de agua pueden volver a introducir partículas en los ojos).
- Se debe forzar la apertura de los párpados para asegurar el lavado detrás de los mismos.
- Hay que asegurarse de lavar desde la nariz hacia las orejas; ello evitará que penetren sustancias químicas en el ojo que no está afectado.
- Deben lavarse los ojos y párpados durante, al menos, 15 minutos.
- Después del lavado, es conveniente cubrir ambos ojos con una gasa limpia o estéril.

- Se deben realizar revisiones periódicas de mantenimiento.



Figura 5.10.1.2.3. Fotografía de equipo lavaojos de seguridad.

➤ Duchas de seguridad

Constituyen el sistema de emergencia más habitual para casos de proyecciones con riesgo de quemaduras químicas e incluso si se prende fuego en la ropa. A continuación se resumen las características más importantes que se requieren de una ducha de seguridad.

- La ducha deberá proporcionar un caudal de agua suficiente para empapar al sujeto completa e inmediatamente.
- El agua suministrada debe ser potable, procurando que no esté fría (preferiblemente entre 20 y 35° C) para evitar el riesgo que supone enfriar a una persona quemada en estado de shock y también que la poca aceptación del agua fría cause una eliminación insuficiente del contaminante, al acortar el periodo de ducha. Así mismo es conveniente que disponga de desagüe.
- El cabezal debe tener un diámetro suficiente para impregnar totalmente al sujeto (20cm), con orificios grandes que impidan su obstrucción por la formación de depósitos calcáreos. La distancia desde el suelo a la base del cabezal de la ducha debe permitir el acomodo de la persona erguida, (por ejemplo, de 2 a 2,3m). La separación desde la pared al cabezal debería ser suficiente para acomodar, en caso necesario, a dos personas (por ejemplo, no inferior a 60cm). También es recomendable que la distancia desde el suelo al pulsador no supere los 2m.

- La válvula de apertura debe ser de accionamiento rápido, por lo que no deben utilizarse los grifos convencionales. El pulsador/accionador debe ser fácilmente atrapable. Los modelos más adecuados son aquellos que tienen un accionador triangular unido al sistema mediante una barra fija (mejor que con cadena). Los pulsadores de pie no suelen utilizarse dada la facilidad de pisarlos inadvertidamente dando lugar al accionamiento involuntario del sistema y al riesgo de tropezar con ellos; una excepción son los sistemas que se accionan al situarse sobre una plataforma.
- Las llaves de paso de agua de la instalación deben estar situadas en un lugar no accesible para el personal, al objeto de evitar que se corte el suministro de manera permanente por existencia de fugas u otras anomalías, que, por otra parte, deben ser inmediatamente comunicadas y reparadas. De este modo, las llaves se cerrarán exclusivamente en el momento de efectuar la reparación.
- Es útil disponer de un sistema de alarma acústica o visual que se ponga en marcha al utilizar el equipo y así permita, que el resto de personal se entere de que existe un problema, y pueda acudir en auxilio.



Figura 5.10.1.2.4. Fotografía de ducha de seguridad.

Como alternativa a las duchas de seguridad, las mantas ignífugas permiten una acción eficaz en el caso de fuegos pequeños y sobre todo cuando se prende fuego en la ropa. La utilización de la manta puede en ciertos casos evitar el desplazamiento del sujeto en llamas, lo que ayuda a limitar el efecto y desarrollo de éstas.



Figura 5.10.1.2.5. Fotografía de manta ignífuga de seguridad.

➤ **Neutralizadores**

Otros elementos de actuación y protección para actuaciones de emergencia en caso de derrames o vertidos accidentales son los agentes neutralizadores. Los neutralizadores y absorbentes o adsorbentes necesarios estarán en función de los productos utilizados. Dada la actividad de la planta, debe disponerse de agentes específicos para ácidos y disolventes orgánicos fundamentalmente. Así mismo es recomendable disponer de materiales altamente adsorbentes para control físico de vertidos que no requieran tratamientos especiales o como complemento de éstos, como la sepiolita.

➤ **Extintores**

Si no es factible controlar los pequeños incendios que se producen en el laboratorio, por su ubicación, características, persistencia o extensión, con mantas ignífugas o textiles mojados, hay que recurrir a los extintores. Los extintores son aparatos que contienen un agente o sustancia extintora que puede ser proyectada y dirigida sobre el fuego por acción de una presión interna.

Dado que existen distintos tipos de fuego, que se clasifican según se trate de sólidos, líquidos, gases o metales, debe decidirse en cada caso el agente extintor adecuado: agua pulverizada o a chorro, polvo, polvo polivalente, espuma, CO₂ o hidrocarburos halogenados.



Figura 5.10.1.2.6. Fotografía de extintor de incendios.

En cada zona de planta se seleccionará un tipo de extintor en función del tipo de fuego que se pudiera generar.

Tabla 5.10.1.1. Clasificación de los diferentes tipos de fuego.

TIPO DE FUEGO	CARACTERÍSTICAS
Tipo A	Fuegos de materiales sólidos, principalmente de tipo orgánico. La combustión se realiza produciendo brasas. Madera, papel, cartón, tejidos...
Tipo B	Fuegos de líquidos o de sólidos que con calor pasan a estado líquido. Alquitrán, gasolina, aceites, grasas...
Tipo C	Fuegos de gases. Acetileno, butano, propano, gas ciudad...
Tipo D	Fuegos de metales y productos químicos reactivos, como el carburo de calcio, metales ligeros, etc. Sodio, potasio, aluminio pulverizado, magnesio, titanio, circonio...
Tipo E	Fuegos en presencia de tensión eléctrica superior a 25 KV. Conviene diferenciarlos del resto por la importancia y diferencia de actuaciones a realizar frente a los mismos.

Tabla 5.10.1.2 Idoneidad de cada tipo de extintor en función de la clase de fuego.

AGENTE EXTINTOR	CLASES DE FUEGO				
	A	B	C	D	E
Agua Pulverizada	Muy adecuado	Aceptable (combustibles líquidos no solubles en agua, gas-oil, aceite...)			Peligroso
Agua a Chorro	Adecuado				Peligroso
Polvo BC (convencional)		Muy adecuado	Adecuado		
Polvo ABC (polivalente)	Adecuado	Adecuado	Adecuado		
Polvo Específico Metales				Adecuado	
Espuma Física	Adecuado	Adecuado			Peligroso
Anhídrido Carbónico (CO ₂)	Aceptable (Fuegos pequeños. No apaga las brasas)	Aceptable (Fuegos pequeños)		Aceptable	Aceptable (Excelente para salas de ordenadores)
Hidrocarburos Halogenados	Aceptable (Fuegos pequeños)	Adecuado (Fuegos pequeños)			Aceptable

5.10.1. Equipos de protección colectiva a emplear en las distintas actividades constructivas.

Los equipos de protección colectiva necesarios para cada actividad serán los siguientes:

a) Excavación de zanjas, pozos, cimientos y obras de drenaje

- Pasarelas para peatones.
- Vallado total de pozos.
- Entibación según profundidad.

- Escaleras.
- Topes para vehículos.
- Tableros resistentes, redes o elementos equivalentes.
- Señalización de tráfico.
- Señalización luminosa.
- Barandillas.

b) Relleno de zanjas

- Cintas plásticas.
- Topes para vehículos.
- Señalización.
- Barandillas.
- Vallado.

c) Colocación de tuberías y canalizaciones

- Cintas plásticas.
- Escaleras.
- Pasarelas.
- Eslingas.

d) Obras de hormigonado

- Topes para vehículos.
- Barandillas.
- Plataformas de trabajo.
- Castilletes de hormigonado.
- Escaleras.
- Señalización.
- Cables de seguridad.

e) Montaje

- Vallado.
- Eslingas de seguridad.
- Plataformas de trabajo.

- Escaleras de mano.
- Andamio metálico.
- Señalización.
- Toma de tierra.
- Iluminación artificial.

f) Instalación de líneas eléctricas y luminarias

- Señalización.
- Vallado de seguridad.
- Gálíbos de altura.
- Encintado y balizamiento de la zona de trabajo.
- Escaleras antideslizantes.
- Toma de tierra.
- Iluminación artificial.
- Balizamiento de la zona.

g) Maquinaria

- Resguardos.
- Defensas.
- Dispositivos de seguridad.

h) Productos químicos: polvos, humos, gases y vapores

- Sistemas de ventilación-extracción adecuados.
- Sistemas de detección, alarma y extinción de incendios.
- Disminución de tiempos de exposición.

5. 11. Protección contra incendios.

5.11.1. Introducción.

El Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, define los medios de protección contra incendios de que debe disponer una planta química.

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

Además del Real Decreto 2267/2004, de seguridad de protección contra incendios deberá tenerse en cuenta en la implantación de las medidas contraincendios en la planta el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Este Real Decreto 314/2006 ha sido modificado a su vez por dos reales decretos: el Real Decreto 1371/2007, por el que se desarrolla el Documento Básico de Protección frente al ruido y el Real Decreto 173/2010 que modifica al Código Técnico de Edificación en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad.

El Código Técnico de Edificación, en adelante CTE, es el marco normativo por el que se regulan las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, incluidas sus instalaciones, para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad, en desarrollo de lo previsto en la disposición adicional segunda de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.

El Código Técnico de Edificación establece las exigencias básicas inherentes a los requisitos básicos de seguridad estructural de la edificación (recogidas en los Documentos Básicos), y más concretamente los relativos a:

- Seguridad en caso de incendio
- Seguridad de utilización y accesibilidad

- Higiene, salud y protección del medio ambiente.
- Protección contra el ruido
- Ahorro de energía y aislamiento térmico

En el presente proyecto se hará especial hincapié en el cumplimiento de los Documentos Básicos DB-SI-Seguridad en caso de incendio y el DB-SUA-Seguridad de utilización y accesibilidad.

5.11.2. Caracterización del establecimiento industrial en relación con la seguridad contra incendios. Tipo de establecimiento y nivel de riesgo intrínseco.

Según el anexo I del Real Decreto 2267/2004, se entiende por *establecimiento industrial* al conjunto de edificios, edificio, zona de este, 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 se caracterizan por:

A. Su configuración y ubicación con relación a su entorno.

Las diversas configuraciones y ubicaciones que pueden tener los establecimientos industriales se pueden reducir a:

A.1. Establecimientos industriales ubicados en un edificio:

- **TIPO A:** el edificio industrial ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos, ya sean estos de uso industrial ya sean de otros usos.

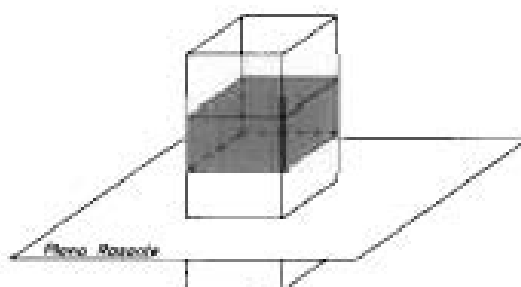


Figura 5.11.2.1. Estructura establecimiento industrial tipo A en vertical.



Figura 5.11.2.2. Estructura establecimiento industrial tipo A en horizontal.

- **TIPO B:** El establecimiento industrial 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.

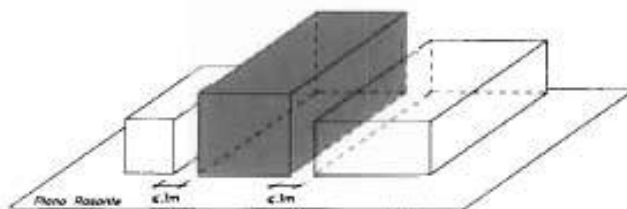


Figura 5.11.2.3. Estructura establecimiento industrial tipo B.

- **TIPO C:** El establecimiento industrial 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.

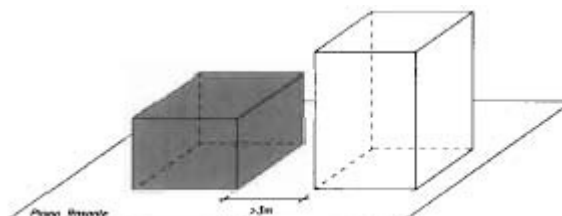


Figura 5.11.2.4. Estructura establecimiento industrial tipo C.

A.2. Establecimientos industriales que desarrollan su actividad en espacios abiertos que no constituyen un edificio:

- **TIPO D:** El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto, que puede estar totalmente cubierto, alguna de cuyas fachadas carece totalmente de cerramiento lateral.

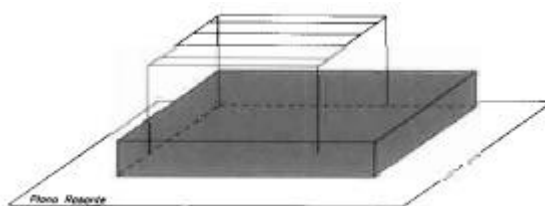


Figura 5.11.2.5. Estructura establecimiento industrial tipo D.

- **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.

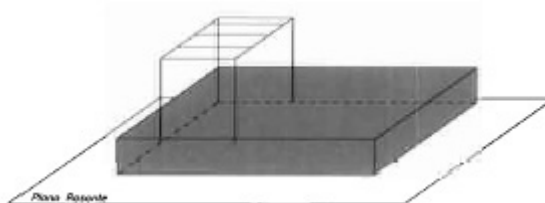


Figura 5.11.2.6. Estructura establecimiento industrial tipo E.

Los establecimientos industriales, en general, estarán constituidos por una o varias configuraciones de los tipos A, B, C, D y E. En el caso de la planta química de producción de acetaldehído, las configuraciones de cada área son las que se muestran en la siguiente tabla 5.11.2.1:

Tabla 5.11.2.1. Clasificación de las diferentes áreas de la planta según su configuración y ubicación respecto a su entorno.

ÁREA	DESCRIPCIÓN	TIPO DE SECTOR DE INCENDIO	ÁREA (m ²)
A100	Área almacenamiento etileno	E	1105,38
A200	Área de reacción	C	996
A300	Área de tanques	E	682
A400	Área de purificación	E	1421
A500	Área de almacenamiento de acetaldehído	E	565,196
A600	Área de almacenamiento de crotonaldehído	E	144,1
A700	Área de tratamiento de aguas residuales	E	3633
A800	Área de tratamiento de gases	E	3597
A900	Área de servicios	C	827,1
A1000	Oficinas	C	3942,4
A1100	Aparcamiento	E	4098

El establecimiento industrial es de tipo C formado por áreas de incendio de tipo E y sectores de incendio de tipo C. Se denomina *sector de incendio* (para establecimientos industriales de tipo A, B y C) al espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso. 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.

B. Su nivel de riesgo intrínseco.

Para poder establecer las medidas de protección contra incendios a aplicar en la planta primero se debe evaluar el nivel de riesgo intrínseco de cada sector o área de incendio, para lo cual se determinará la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida correspondiente a cada uno de los mismos, mediante la siguiente ecuación contemplada en el R.D. 2267/2004:

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

Donde cada parámetro se define como:

- Q_s es la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio (MJ/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 , 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 se extraen de la tabla 1.1. del Real Decreto 2267/2004 una vez que se han clasificado los principales productos como líquidos de clase B1 (crotonaldehído y acetaldehído) y A1 (etileno) según la ITC-MIE-APQ-001. El coeficiente C_i que se tendrá en cuenta para el cálculo de las cargas de fuego en el área de oficinas y de aparcamiento será de 1,3.

Tabla 5.11.2.2. 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 B1 en la ITC-MIE-APQ1. Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100°C. Productos que pueden formara mezclas con el aire a temperatura ambiente. Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente	Líquidos clasificados como subclase B2 en la ITC-MIE-APQ1. Líquidos clasificados como clase C en la ITC-MIE-APQ1. Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100°C y 200°C. Sólidos que emiten gases inflamables.	Líquidos clasificados como clase D en la ITC-MIE-APQ1. Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200°C.
$C_i=1,6$	$C_i=1,3$	$C_i=1,0$

Los valores del coeficiente de peligrosidad por activación, R_a , se deducen de la tabla 1.2. del R.D. 2267/2004, de Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales, admitiendo el valor para las tres sustancias correspondiente a “productos químicos combustibles”.

Los poderes caloríficos de acetaldehído y etileno se determinan a partir de los valores de entalpías de combustión estándar tabulados. En el caso del crotonaldehído, se calcula a partir de las entalpías de formación de los compuestos involucrados en la reacción de combustión de éste.

El nivel de riesgo intrínseco de cada área se establece en función del valor de su carga de fuego según la tabla 1.3. del anexo I del R.D. 2267/2004.

Tabla 5.11.2.3. Nivel de riesgo intrínseco asociado a la densidad de carga de fuego.

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO		DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO PONDERADA Y CORREGIDA (MJ/m ²)
BAJO	1	$Q_s \leq 425$
	2	$425 \leq Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$850 \leq Q_s \leq 1275$
	4	$1275 \leq Q_s \leq 1700$
	5	$1700 \leq Q_s \leq 3400$
ALTO	6	$3400 \leq Q_s \leq 6800$
	7	$6800 \leq Q_s \leq 13600$
	8	$Q_s \geq 13600$

El nivel de riesgo intrínseco que corresponde a cada área /sector de incendio se muestra en la siguiente tabla 5.11.2.4:

Tabla 5.11.2.4. Nivel de riesgo intrínseco correspondiente a cada área.

ÁREA	NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO
A100	8 (ALTO)
A200	7 (ALTO)
A300	1 (BAJO)
A400	7 (ALTO)
A500	8 (ALTO)
A600	8 (ALTO)
A700	1 (BAJO)
A800	1 (BAJO)
A900	1 (BAJO)
A1000	1 (BAJO)
A1100	1 (BAJO)

Una vez determinado el nivel de riesgo intrínseco de cada sector/área de incendio, su área (m²) y el tipo de sector de incendio según el cual se clasifica, se tomarán las medidas de protección contra incendios correspondientes según el R.D 2267/2004.

En el caso de las zonas de almacenamiento de etileno (A100), de acetaldehído (A500) y crotonaldehído (A600), se deberán tener en cuenta las instrucciones técnicas complementarias correspondientes (ITC-MIE-APQ10 para almacenamiento en tanques criogénicos (caso del etileno) y la ITC-MIE-APQ-1) y se aplicarán las medidas correspondientes a la normativa que en cada caso sea más restrictiva.

En el caso del área correspondiente a oficinas (A1000) y aparcamiento (A1100) se aplicará el documento básico DB-SI-Seguridad Contra incendios (Sección SI 4 Instalaciones de protección contra incendios) del Real Decreto 173/2010, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad.

5.11.3. Medidas de protección contra incendios.

5.11.3.1. Sistemas automáticos de detección de incendios.

Las instalaciones fijas de detección de incendios permiten la detección y localización automática del incendio, así como la puesta en marcha de aquellas secuencias del plan de alarma incorporadas a la central de detección.

A tenor de lo dispuesto en el punto 3 del anexo III del R.D. 2267/2004, de protección contra incendios en establecimientos industriales, y teniendo en cuenta las características de los sectores y áreas de incendio de este establecimiento industrial no es necesaria la implantación de sistemas automáticos de detección de incendios, excepto en el caso del área de oficinas en la cual en virtud del DB SI4 del CTE es necesaria la instalación de detectores en zonas de riesgo alto, puesto que la superficie construida excede los 2000 m².

5.11.3.2. Sistemas manuales de alarma de incendios.

Todas las áreas de la planta deben estar dotadas de sistemas manuales de detección de incendios, de acuerdo con el R.D. 2267/2004.

Los sistemas manuales de detección de incendios están formados por un conjunto de pulsadores que permitirán provocar voluntariamente y transmitir una señal a una central de control y señalización que se encontrará permanentemente vigilada, de tal modo que sea fácilmente identificable la zona en la cual se ha activado el pulsador.

Los pulsadores de alarma deberán encontrarse convenientemente señalizados y se situarán junto a cada una de las salidas de evacuación del sector de incendio, siendo la distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta alcanzar un pulsador no superior a 25m.



Figura 5.11.3.2. Pictograma y fotografía de un pulsador de alarma manual.

5.11.3.3. Sistemas de comunicación de alarma.

No será necesaria la instalación de sistemas de comunicación de alarma en el establecimiento industrial pues la superficie total construida de todos los sectores de incendios de dicho establecimiento no supera los 10000 m².

Deberá existir sistema de alarma en el área de oficinas pues su superficie construida es superior a 1000 m².

5.11.3.4. Sistemas de abastecimiento de agua.

Se entiende por sistema de abastecimiento de agua, al conjunto de fuentes de agua, equipos de impulsión y red general de incendios destinados a asegurar, para una o varias instalaciones específicas de protección, el caudal y presión de agua necesarias en el caso más desfavorable durante el tiempo de autonomía requerido.

El abastecimiento de agua estará reservado exclusivamente para el sistema de protección contra incendios y bajo el control del propietario del sistema.

Los sistemas más comunes en la lucha contra incendios que necesitan de abastecimiento de agua son:

- Hidrantes exteriores.
- BIE (Bocas de incendio equipadas).
- Rociadores automáticos.
- Agua pulverizada.
- Espuma.

A continuación, se hará una breve descripción de cada uno de los sistemas de lucha contra incendios anteriormente mencionados y se aplicarán tanto el R.D. 2267/2004 de protección contra incendios en establecimientos industriales como las ITC-MIE-APQ-001 (áreas de almacenamiento de acetaldehído y crotonaldehído) e ITC-MIE-APQ-10 (área de almacenamiento de etileno), con el objetivo de cuantificarlos y poder determinar la cantidad de agua de la que se debe disponer para su abastecimiento. Asimismo, se tendrá en cuenta el

Código Técnico de Edificación para la protección contra incendios en el edificio de tipo no industrial.

5.11.3.4.1. *Hidrantes exteriores.*

Los hidrantes son dispositivos fijos que suministran abundante agua y que sirven para extinguir grandes incendios.

Los hidrantes exteriores pueden ser de dos tipos, tipo de columna hidrante al exterior (CHE) o hidrante de arqueta (boca hidrante).



Figura 5.11.3.4.1.1. Hidrantes exterior tipo CHE e hidrante de arqueta.

Estos sistemas de hidrantes exteriores estarán compuestos por una fuente de abastecimiento de agua, una red de tuberías para agua de alimentación y los propios hidrantes exteriores necesarios.

En el anexo III del R.D. 2267/2004 de protección contra incendios en establecimientos industriales, se establece la necesidad de instalación de hidrantes exteriores en función del tipo de establecimiento industrial, su área y su nivel de riesgo intrínseco como se muestra en la siguiente tabla 5.11.3.4.1.1:

Tabla 5.11.3.4.1.1. Necesidad de hidrantes exteriores.

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

Según esta tabla del Real Decreto anteriormente citado, no sería necesaria la instalación de hidrantes exteriores en la planta de producción de acetaldehído.

Sin embargo, los parques de almacenamiento de acetaldehído, crotonaldehído y etileno según lo dispuesto en las ITC-APQ-001 e ITC-APQ-10, deberán disponer de redes de suministro de agua propias debido a los volúmenes de sustancia almacenada y a las características de los tanques. Esta agua será proyectada mediante hidrantes exteriores.

Por otra parte, aunque según las características de los sectores de incendio no sería necesaria la colocación de hidrantes exteriores según el R.D. 2267/2004, por cuestión de mayor seguridad debido al gran volumen de sustancias de tipo muy inflamable se decide colocar hidrantes en toda la planta, en un número tal que protejan todo el establecimiento industrial.

Los hidrantes de la red de agua contra incendios estarán provistos de racores de conexión conformes a la UNE 23400 y estarán debidamente distribuidos por toda la planta.

El número de hidrantes exteriores que se instalarán se determinará en función de las siguientes condiciones:

- La zona protegida por cada uno de ellos es la cubierta por un radio de 40 metros.
- En aquellas áreas/sectores de incendio en los que se requiera de la instalación de hidrantes exteriores se colocarán al menos, dos.
- Al menos uno de los hidrantes, situado si es posible a la entrada, ha de tener una salida de 100 mm.
- La distancia entre el emplazamiento de cada hidrante y el límite exterior del edificio o zona protegida, medida perpendicularmente a la fachada, será de al menos 5 metros.
- Los hidrantes estarán situados en lugares accesibles a los equipos del Servicio de Extinción de Incendios y debidamente señalizados.



Figura 5.11.3.4.1.1. Señalización de un hidrante.

De este modo, el número de hidrantes que deberán instalarse en la planta debe ser los suficientes para proteger toda su extensión con agua ante cualquier incendio que pueda producirse.

5.11.3.4.2. Bocas de incendio equipadas.

Las bocas de incendio equipadas (BIE) se utilizan para transportar y proyectar agua desde un punto fijo de la red de distribución de agua hasta la zona en la cual se localiza el fuego.

Los sistemas de bocas de incendio equipadas estarán compuestas por una fuente de abastecimiento de agua, una red de tuberías para la alimentación de agua y por las propias bocas de incendio equipadas que sean necesarias. Además incluirán los siguientes elementos: boquilla, manguera, racores, válvula, manómetro y lanza. Todos estos elementos deben

encontrarse debidamente acoplados entre sí, conectados continuamente a una red de agua siempre en carga y convenientemente alojados.



Figura 5.11.3.4.2.1. Boca de Incendio Equipada y pictograma correspondiente.

Las bocas de incendio equipadas (BIE) pueden ser de 2 tipos:

- BIE de 45 mm: Tienen un caudal de 3,3 L/s.
- BIE de 25 mm: Tienen un caudal de 1,6 L/s.

Según lo descrito en el R.D 1942/1993, las BIE deberán montarse sobre un soporte rígido de forma que la altura de su centro quede como máximo a 1,50 metros sobre el nivel del suelo o a más altura si se trata de BIE de 25 mm, siempre que la boquilla y la válvula de apertura manual si existen, estén situadas a la altura citada.

Las BIE se situarán, siempre que sea posible, a una distancia máxima de 5 m de las salidas de cada sector de incendio, sin que constituyan obstáculo para su utilización.

El número y distribución de las BIE en un sector de incendio, en espacio diáfano, será tal que la totalidad de la superficie del sector de incendio en que estén instaladas quede cubierta por una BIE, considerando como radio de acción de ésta la longitud de su manguera incrementada en 5 metros.

La separación máxima entre cada BIE y su más cercana será de 50 metros y la distancia desde cualquier punto del local protegido hasta la BIE más próxima no deberá exceder de 25 metros. Además, se deberá mantener alrededor de cada BIE una zona libre de obstáculos que permita el acceso a ella y su maniobra sin dificultad.

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, es necesaria la instalación de BIE en el área de reacción (A-200) pues es un sector de incendio de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie construida es superior a 500 m².

El caudal de agua necesario para el caso de estas BIE's se calculará a partir de los datos de la tabla 5.13.3.4.2.1. incluida en el R.D.2267/2004.

Tabla 5.13.3.4.2.1. Necesidad de agua para BIE's.

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	TIPO DE BIE	SIMULTANEIDAD	TIEMPO DE AUTONOMÍA
BAJO	DN 25 mm	2	60 min
MEDIO	DN 45 mm*	2	60 min
ALTO	DN 45 mm*	3	90 min

Además, será necesaria la instalación de BIE's en el edificio de oficinas y en el área de aparcamiento y estas serán cuantificadas en función del DB SI 4 del CTE.

Tabla 5.13.3.4.2.2. Necesidad de BIE's.

ÁREA	DESCRIPCIÓN	ÁREA (m ²)	BIE's
A200	Área de reacción	996	1
A1000	Oficinas	3942	7
A1100	Aparcamiento	4098	9

La red de tuberías deberá proporcionar, durante una hora, como mínimo, en las hipótesis de funcionamiento simultáneo de las dos BIE hidráulicamente más desfavorables, una presión dinámica de 2 bares en el orificio de salida de cualquier BIE y como máximo de 5 bares, y si fuera necesario se dispondrán dispositivos reductores de presión.

Las condiciones establecidas de presión, caudal y reserva de agua deberán estar adecuadamente garantizadas.

El sistema de BIE se someterá, antes de su puesta en servicio, a una prueba de estanqueidad y resistencia mecánica, sometiendo a la red a una presión estática igual a la máxima de servicio y como mínimo a 980 kPa (10 kg/cm²), manteniendo dicha presión de prueba durante dos horas, como mínimo, no debiendo aparecer fugas en ningún punto de la instalación.

5.11.3.4.3. Espuma

Las espumas como agente extintor consisten en una masa de burbujas rellenas de gas que se forman a partir de soluciones acuosas de agentes espumantes de distintas fórmulas. Dado que la espuma es más ligera que la solución acuosa de la que se forma y más ligera que los líquidos inflamables o combustibles, flota sobre estos, produciendo una capa continua de material acuoso que desplaza el aire, enfría e impide el desprendimiento de vapor con la finalidad de detener o prevenir la combustión.

La espuma se produce mezclando un concentrado espumante con agua en concentración adecuada, aireando y agitando la solución para formar las burbujas. Algunas son espesas y viscosas, capaces de formar capas fuertemente resistentes al calor por encima de la superficie de los líquidos incendiados, incluso en superficies verticales.

En la planta de producción de acetaldehído se deben utilizar sistemas de espuma física en el área de almacenamiento de acetaldehído, según lo establecido en la ITC-MIE-APQ-001, pues su capacidad es superior a 200 m³. Además, su cubeto debe estar dotado de protección de incendios con espuma contra derrames.

Los sistemas de protección de espuma deberán reunir las siguientes características:

1. Caudal agua-espumógeno necesario.

Para los tanques de techo fijo se deberá suministrar un caudal mínimo de 4 L/min·m² de superficie, entendiendo esta como la total del tanque. Realizando los cálculos correspondientes para el caso del A-500, el caudal de espumógeno necesario será de 306,54 m³/h.

El tiempo mínimo de aplicación de la espuma para productos de clase B1 almacenados en tanques de techo fijo es de 55 minutos.

Así, el volumen de agua-espumógeno para cubrir las necesidades de los tanques de almacenamiento de acetaldehído serán de:

$$V_{\text{agua-espumógeno}} = 350,32 \frac{m^3}{h} \cdot \frac{1h}{60 \text{ min}} \cdot 55 \text{ min} = 321,13 m^3$$

En los cubetos, deben tomarse también medidas de protección contra incendios para el caso de que se produzca un derrame de producto. Se contará con generadores de espuma de un caudal unitario mínimo de 11,4 m³/h (190 L/min).

Puesto que en el caso de las zonas de almacenamiento de acetaldehído y crotonaldehído, el diámetro de los tanques es menor que 20, se requerirá de la instalación de un generador de espuma con un tiempo mínimo de aplicación de 20 minutos. Así, el caudal de agua-espumógeno para cada uno de los cubetos será de:

$$V_{\text{agua-espumógeno-cubeto}} = 11,4 \frac{m^3}{h} \cdot 1 \cdot \frac{1h}{60 \text{ min}} \cdot 20 \text{ min} = 3,8 m^3$$

5.11.3.5. Sistema de extintores de incendio.

Se instalarán extintores de incendio portátiles en todos los sectores de incendio del establecimiento industrial.

Un extintor es un aparato autónomo que contiene un agente, el cual puede ser proyectado y dirigido sobre un fuego por la acción de una presión interna. Esta presión puede obtenerse por presurización interna permanente, por una reacción química o por la liberación de un gas auxiliar.

Los agentes extintores pueden clasificarse en función del procedimiento de impulsión en:

- a) Extintores permanentemente presurizados.
- b) Extintores sin presión permanente.



Figura 5.11.3.5.1. Imagen y pictograma de un extintor portátil de incendios.

Los extintores de incendio, sus características y especificaciones se ajustarán al R.D. 2060/2008 de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.

El agente extintor utilizado se seleccionará de acuerdo con la tabla I-1 del apéndice 1 del Reglamento de Instalaciones de Protección contra incendios, aprobado por Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre.

Tabla 5.11.3.5.1. Clases de fuego y tipos de extintores correspondientes.

	CLASES DE FUEGO			
	A (Sólidos)	B (Líquidos)	C (Gases)	D (Metales especiales)
Agua pulverizada	Muy adecuado (2)	Aceptable		
Agua a chorro	Adecuado (2)			
Polvo AB (convencional)		Muy adecuado	Adecuado	
Polvo ABC (polivalente)	Adecuado	Adecuado	Adecuado	
Polvo específico metales				Adecuado
Espuma física	Adecuado (2)	Adecuado		
Anhídrido carbónico	Aceptable (1)	Aceptable		
Hidrocarburos halogenados	Aceptable (1)	Adecuado		

(1) En caso de fuegos poco profundos (profundidad inferior a 5mm) puede asignarse adecuado.

(2) En presencia de tensión eléctrica no son aceptables.

Según la información que se obtiene de las fichas de seguridad de los principales productos combustibles presentes en la planta, se puede decir que en la planta existirán principalmente tres tipos de fuego:

- Tipo A: fuego de sólidos correspondientes a estructuras, por ejemplo.
- Tipo B: fuego de líquidos (caso de acetaldehído y crotonaldehído)
- Tipo C: fuego de gases (etileno)

De acuerdo con lo expuesto en la tabla anterior, los extintores que se utilizarán para sofocar un incendio serán los de polvo ABC (polivalente) que son adecuados para la extinción de cualquiera de los tres tipos de fuego.



Figura 5.11.3.5.1. Extintor polivalente tipo ABC.

En el caso de las áreas de almacenamiento de acetaldehído, puesto que el volumen de combustible almacenado es superior a 750 litros, la protección del sector de incendio se hará de acuerdo con la reglamentación sectorial específica que les corresponda, esto es, la ITC-MIE-AP-001. Según esta instrucción técnica reglamentaria, en todas las zonas de almacenamiento y en especial en las de manejo de líquidos inflamables donde puedan existir conexiones de mangueras, bombas, válvulas de uso frecuente o análogos así como en los accesos a cubetos se dispondrá de extintores del tipo adecuado al riesgo (tipo B) y de una eficacia mínima 144B, según la UNE 23.110.

En el caso de la zona de almacenamiento de etileno, la ITC-MIE-APQ-10 indica que por cada 1000 kg de combustible almacenado deben colocarse 10 kg de polvo seco de agente extintor, siendo la cantidad mínima de polvo seco por extintor de 2 kg. Realizando los cálculos

correspondientes al volumen almacenado se determinará el número de extintores empleados, utilizando para este caso carros de extintores de capacidad igual a 150 kg.

Para el caso de las áreas correspondientes a oficinas y aparcamiento, se deberá aplicar el Documento Básico DB-SI-4 de Seguridad en caso de incendio del Código Técnico de Edificación.

En general, la distribución de los extintores será tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor, no supere los 15 metros, excepto en los casos de las áreas de incendio de establecimientos de tipo E en las cuales puede ampliarse la distancia entre extintores a 25 metros. Para el caso de la planta de fabricación de acetaldehído se considerará la instalación de un extintor cada 15 metros independientemente de que el tipo de área/sector de incendio sea C o E.

Así, la distribución de extintores en la planta se resume en la siguiente tabla 5.11.3.5.2:

Tabla 5.11.3.5.2. Distribución de extintores en las diferentes áreas de la planta.

ÁREA	DESCRIPCIÓN	Nº EXTINTORES
A100	Área almacenamiento etileno	37
A200	Área de reacción	3 (TIPO 144B)
A300	Área de tanques	2 (TIPO 21 A)
A400	Área de purificación	4 (TIPO 113B)
A500	Área de almacenamiento de acetaldehído	3 (TIPO 144 B)
A600	Área de almacenamiento de crotonaldehído	2 (TIPO 144 B)
A700	Área de tratamiento de aguas residuales	2 (TIPO 21 A)
A800	Área de tratamiento de gases	4 (TIPO 21 A)
A900	Área de servicios	5 (TIPO 21 A)
A1000	Oficinas	14 (TIPO 21 A)
A1100	Aparcamiento	8 (TIPO 21 A)

El emplazamiento de los extintores permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio, a ser posible próximos a las salidas de evacuación y preferentemente sobre soportes fijados a paramentos verticales, de modo que la parte superior del extintor quede, como máximo, a 1,70 metros del suelo.

Los extintores deben someterse a un servicio de inspección y mantenimiento. La inspección consiste en una comprobación rápida para determinar visualmente la colocación del extintor en el punto indicado y su aptitud para funcionar.

La inspección sirve para comprobar que el extintor se encuentra en el lugar indicado, está claramente visible, no está usado, y no ha sido manipulado. La eficacia de las inspecciones depende de su frecuencia, regularidad y del cuidado con que se hagan.

El mantenimiento se distingue de la simple inspección en que se implica un examen en profundidad de los extintores, que no se reduce a una somera inspección visual para garantizar su correcto y seguro funcionamiento; estas inspecciones de mantenimiento deben realizarse periódicamente, por lo menos una vez al año. Una lista de comprobación, útil para este fin, es la editada por CEPREVEN-LC-EXT., en la que se contemplan los siguientes apartados:

1. Características generales.
2. Condiciones de mantenimiento.
3. Requisitos.
4. Características del extintor.
5. Placa de diseño.
6. Etiquetado y marcado.
7. Elementos componentes.

5.11.3.6. Cálculo del caudal de agua necesaria y reserva de agua contra incendios.

El caudal de agua necesaria y la reserva de agua se calcularán teniendo en cuenta que en la planta existen hidrantes y BIE's. Las expresiones que se utilizarán para este cálculo son las siguientes:

Caudal de agua = Suma de caudal de agua para hidrantes (Q_H) y para BIE's (Q_B)

Reserva de agua = Suma de reserva de agua para hidrantes (R_H) y BIE's (R_B)

Las zonas de la planta en las que será necesaria una mayor cantidad de agua para sofocar un incendio serán las áreas de almacenamiento, puesto que en ellas existe gran volumen de material combustible.

A. Caudal de agua necesaria

A continuación, se calculará el caudal de agua necesario para cada una de las áreas A-100, A-500 y A-600 según lo establecido en la ITC-MIE-APQ1 para líquidos inflamables (caso de las dos últimas áreas) y la ITC-MIE-APQ-10 para depósitos criogénicos (caso del almacenamiento de etileno).

- **A-100 (Almacenamiento de etileno)**

El etileno se encuentra almacenado en tanques criogénicos siendo el volumen total a almacenar de 1105780 litros, volumen comprendido en el intervalo de aplicación de la ITC-APQ-10. Por este motivo, se tendrá en cuenta esta instrucción técnica a la hora de tomar las correspondientes medidas de protección contra incendios.

Como la capacidad total de los tanques es superior a 60000 litros se deberá colocar una toma de agua con capacidad de 3L/min/m² del depósito. Así, el caudal de agua necesaria para la protección de uno de los tanques será:

$$Q_{agua} = 3 \frac{L}{\min \cdot m^2} \cdot 447,20 m^2 = 1341,64 \frac{L}{\min} \cdot 60 \frac{\min}{h} \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{dm^3} = 80,49 \frac{m^3}{h}$$

Como en el cubeto existen 4 tanques:

$$Q_{agua} = 80,49 \frac{m^3}{h} \cdot 4 = 321,96 \frac{m^3}{h}$$

- **A-500 y A-600 (Almacenamiento acetaldehído y crotonaldehído)**

Según la tabla IV.1. de la ITC-APQ-001, el caudal de agua necesario en caso de incendio para líquidos de clase B1 almacenados en recipientes de techo fijo es de 0,90 m³/h (15 L/min) por metro de perímetro de los recipientes, entonces se necesitará el siguiente caudal de agua en cada caso:

- **Almacenamiento de acetaldehído.**

$$Q_{agua} = 12 \cdot 13,823 m \cdot \frac{0,90 m^3/h}{m} = 149,29 m^3/h$$

○ **Almacenamiento de crotonaldehído.**

$$Q_{agua} = 2 \cdot 13,823 m \cdot \frac{0,90 m^3/h}{m} = 74,64 m^3/h$$

Una vez calculados los caudales de agua en las zonas de la planta más peligrosas, se calcula el caudal de agua necesaria para la BIE según lo establecido en la tabla X:X del R.D. 2267/2004:

Tabla 5.11.3.6.1. Necesidad de agua para BIE's

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	TIPO DE BIE	SIMULTANEIDAD	TIEMPO DE AUTONOMÍA
BAJO	DN 25 mm	2	60 min
MEDIO	DN 45 mm*	2	60 min
ALTO	DN 45 mm*	3	90 min

Según las características del área de reacción, el caudal de agua necesario sabiendo que las BIE's de 45 mm suministran un caudal de 3,3 L/s será de:

$$Caudal = 3 \cdot 3,3 \frac{L}{s} \cdot 3600 \frac{s}{h} \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{dm^3} = 35,64 \frac{m^3}{h}$$

Considerando la mayor necesidad de agua posible correspondiente a un incendio en el parque de almacenamiento y el caudal de agua de BIE, el caudal total de agua necesaria será de:

$$Caudal_{total} = 321,96 + 35,64 = 357,6 \frac{m^3}{h}$$

B. Reserva de agua.

La reserva de agua requerida para la completa protección del A-100 al tratarse de almacenamiento de un líquido de la clase A y ser la capacidad global de los tanques superior a 200 m³, debe tener una autonomía de 3 horas relativamente al caudal máximo necesario:

$$Reserva\ de\ agua\ hidrantes = 321,96\ m^3/h \cdot 3h = 965,88m^3$$

Para el caso de BIE's la autonomía debe ser de 90 minutos de modo que el volumen de agua necesario será:

$$Reserva\ de\ agua\ BIE = 35,64\ m^3/h \cdot 1,5h = 53,46m^3$$

De este modo, la reserva total de agua es de:

$$Reserva\ de\ agua = 1019,34m^3$$

La reserva de agua se sobredimensiona en un 50% de modo que la capacidad será de:

$$Reserva\ de\ agua = 1019,34m^3 \cdot 1,5 = 1529,01m^3$$

Se decide construir una balsa contra incendios de hormigón de forma circular para una capacidad de 1600 m³. Las dimensiones de la balsa se muestran en la siguiente tabla X:X:

Tabla 5.11.3.6.2. Dimensiones de la balsa contra incendios.

Dimensiones de la balsa	
Altura (m)	3
Diámetro (m)	26
Radio (m)	13

C. Estación de bombeo del agua contra incendios.

El equipo de bombeo del agua contra incendios se diseña para suministrar agua a una presión de 4 kg/cm² al anillo de incendios. Se considerará para la elección de la bomba que se produce una pérdida de carga de 0,1 kg/cm² cada 10 metros de tubería y que el caudal que debe suministrar para el caso más desfavorable es de 357,6 m³/h.

Todos los equipos contraincendios están formados por:

- **Bomba principal eléctrica.** Su función principal es suministrar el caudal de agua necesario a la presión suficiente que necesite la instalación, en cada uno de los puntos de suministro (mangueras, hidrantes, rociadores,...)
- **Bomba de reserva eléctrica/diesel.** Tendrá las mismas características y función que la bomba principal. Esta bomba entrará en funcionamiento cuando, por cualquier motivo, la bomba principal no haya funcionado. El sistema de accionamiento de la bomba de reserva será independiente del utilizado para la bomba principal.
- **Bomba auxiliar (Jockey).** Su función es la de mantener presurizada toda la instalación o bien hacer frente a pequeñas demandas o posibles fugas que existieran. Su funcionamiento está controlado por un presostato que detecta las variaciones de presión de la instalación
- **Cuadros eléctricos de control**
- **Accesorios**

Se seleccionan dos bombas contraincendios del grupo EBARA, una de las cuales suministra un caudal de 100 m³/h (AF-ENR 80-200/18,5) y una segunda que suministrará 300 m³/h (AF-ENR 125-200/75), ambas con bomba auxiliar diesel.

A continuación, en la figura se muestra un esquema el tipo de bomba seleccionada extraída del catálogo del grupo EBARA.

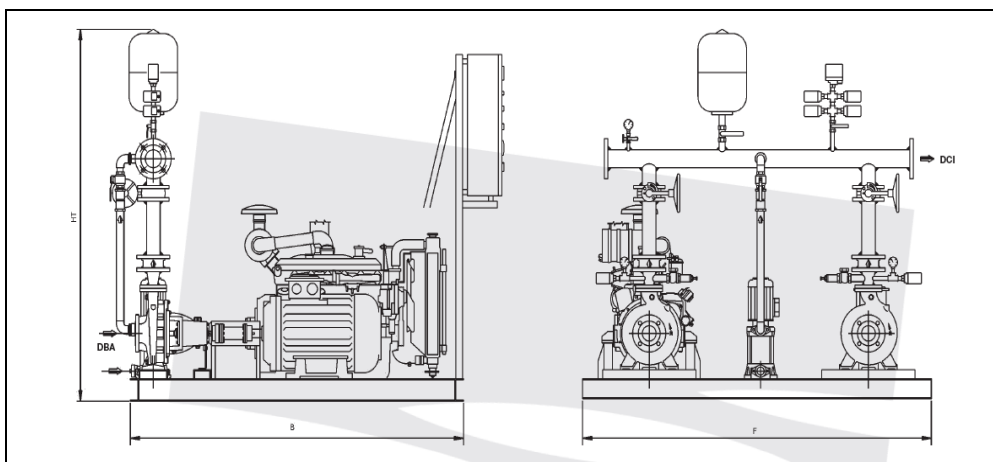


Figura 5.11.3.6.1. Esquema ilustrativo de los grupos contra incendios.

5. 12. Planes de emergencia.

5.12.1 Introducción.

La elaboración de los planes de emergencia está basada en la aprobación de la Directiva 96/82/CE (también conocida como normativa Seveso II), del Consejo, de 9 de diciembre, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, incorporándose a nuestro ordenamiento jurídico con la aprobación del Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio; posteriormente modificado por el Real Decreto 119/2005, de 4 de febrero y el Real Decreto 948/2005, de 29 de Julio (basado en la Directiva 2003/105/CE, que modifica a la anterior Directiva 96/82/CE).

Toda instalación industrial debe disponer de un plan que responda adecuadamente a las diversas emergencias que puedan producirse como consecuencia de accidentes. La elaboración de este plan exige la identificación previa de los peligros y accidentes que puedan derivarse, mediante la realización de un estudio de seguridad o análisis de riesgo.

Además es necesario que el plan de emergencia se implante de forma eficaz mediante la formación y entrenamiento del personal implicado directa o indirectamente en el mismo. Parte de este entrenamiento lo constituye la realización de ejercicios y simulacros, que facilitan la detección de deficiencias, tanto del plan de emergencia mismo como de su implantación y permiten introducir las mejoras oportunas. Estas actividades lo convierten en un documento vivo, que se ha de actualizar con la frecuencia necesaria.

5.12.2 Plan de emergencia

Se define un plan de emergencia como el conjunto de acciones programadas para la protección de las personas y de las instalaciones frente a situaciones que pueden desencadenar posible accidente, a fin de minimizar las consecuencias que se puedan derivar.

Los planes de emergencia pueden ser de 2 tipos:

- Plan de emergencia interior (PEI) o plan de autoprotección: Debe ser elaborado por el titular de la industria y aprobado por la autoridad competente de la comunidad autónoma.

- Plan de emergencia exterior (PEE): Es elaborado por la comunidad autónoma y aprobado por comisión estatal.

5.12.2.1 Plan de emergencia interior

Según la normativa legal se define el plan de emergencia interior como el marco orgánico y funcional establecido, para combatir y mitigar las consecuencias de los accidentes, previamente analizados, clasificados y evaluados, con la adopción de las medidas de protección más idóneas, los recursos humanos y materiales necesarios para su aplicación y el esquema de coordinación de personas, organismos y servicios que deben intervenir.

De acuerdo con la experiencia acumulada y las exigencias de la Directiva Básica para la Elaboración y Homologación de los Planes Especiales del Sector Químico, citada anteriormente, un PEI contiene generalmente los puntos siguientes:

1. Identificación de los accidentes que activan el plan de emergencia interior.

En este apartado se debe incluir aquellos accidentes que se puedan producir, y que han sido identificados y evaluados previamente mediante un estudio de seguridad o análisis de riesgos.

Entre los posibles accidentes cabe citar los siguientes:

- Accidente personal grave.
- Fuga de productos inflamables.
- Incendios.
- Fuga de productos tóxicos, irritantes o corrosivos.
- Vertido incontrolado de productos peligrosos (contaminación).
- Sabotaje y amenaza de bomba.
- Catástrofe natural (seísmo, inundación, etc.)
- Transporte de mercancías peligrosas

Para cada uno de los accidentes identificados, se debe incluir la siguiente información:

- Hipótesis de partida (equipo accidentado, caudal de fuga, radio de derrame,...)
- Naturaleza y localización de los accidentes, indicando su categoría entre las tres establecidas legalmente.

Los accidentes pueden se pueden clasificar en tres tipos:

➤ Categoría 1 o conato de emergencia: Son aquellos accidentes en los que, de acuerdo con el estudio de seguridad y , en su caso, el análisis cuantitativo de riesgo (o como consecuencia de hechos inesperados no incluidos en el mismo) se prevea que tengan como única consecuencia daños materiales en la instalación accidentada.

El peligro puede controlarse con el personal del área afectada y si es necesario, haciendo uso del equipo portátil de extinción de incendios localizado en la misma. No hay daños de ningún tipo exteriores a la instalación industrial.

➤ Categoría 2 o emergencia parcial: Son aquellos accidentes en los que, de acuerdo son el estudio de seguridad, y en su caso, el análisis cuantitativo del riesgo (o como consecuencia de hechos inesperados no incluidos en el mismo) se prevea que tengan como consecuencia posibles víctimas y daños materiales en la instalación industrial. Las repercusiones exteriores se limitan a cierta alarma, daños leves o efectos adversos sobre el medio ambiente en zonas limitadas.

Para combatirlas, además del equipo de primera intervención y de los servicios profesionales (si los hay), es necesaria la ayuda del equipo de segunda intervención y posible ayuda de los servicios municipales de extinción.

En este nivel de emergencia, el personal no involucrado acude a los puntos de encuentro fijados.

➤ Categoría 3 o emergencia general: Son aquellos accidentes en los que se prevén como consecuencias posibles víctimas, daños materiales graves o alteraciones graves del medio ambiente en zonas extensas, en el exterior de la instalación industrial.

Para combatirlos además de los medios propios de la fábrica, es necesaria la ayuda a los servicios de extinción municipales, Protección Civil, etc., y activar los planes de ayuda mutua existentes con otras empresas.

Este nivel de emergencia conlleva la evacuación del personal no involucrado en la emergencia, que previamente se habrá reunido en los puntos de encuentro.

En ciertos establecimientos industriales, por su complejidad pueden existir hasta cuatro niveles de emergencia. El cuarto nivel de emergencia se deriva del desglose de la emergencia parcial en dos niveles, según la extensión y el desarrollo del accidente.

- Gravedad de las consecuencias, expresadas mediante los radios de las zonas de intervención y alerta correspondientes. La directriz define unos valores umbral para personas y bienes, en fenómenos de tipo mecánico (ondas de presión y proyectiles), para fenómenos de tipo térmico (radiación térmica) y para fenómenos químicos (concentraciones de sustancias tóxicas). Además esta directriz también indica criterios para la definición del umbral en el impacto al medio ambiente.

2. Procedimientos de actuación.

En este apartado se describen las medidas generales a seguir para cada uno de los tipos de accidentes que se pueden producir, como son fugas, incendios, explosiones, derrames, accidentes personales graves, etc. Las medidas deben incluir aspectos de organización, de protección y de lucha contra el accidente, tanto desde el punto de vista del sistema contraincendios, como desde las operaciones que se realizan en las instalaciones, como puede ser la parada de las mismas.

3. Dirección y organización de la emergencia.

La organización de un plan de emergencia debe garantizar:

- **La alerta:** Pretende ser la forma más rápida y eficaz posible de poner en alerta a las personas en el interior de la instalación, así como poner en acción a los equipos que tienen una misión de primera actuación. Esencialmente, debe indicar la actuación del primer testigo, así como la transmisión de esta información a los equipos de intervención.

- **Clasificación de la emergencia y la alarma:** Una vez dada la alerta, debe haber un responsable para clasificar la emergencia, lo que permite dar la orden a todo el personal sin misión asignada para la evacuación total o parcial del centro y la concentración en los puntos de encuentro.
- **La intervención:** Tiene que permitir de la forma más eficaz el control y mitigación de la causa que provocó la emergencia y realizar las acciones encaminadas a impedir la propagación a otras áreas o unidades.
- **El apoyo:** Debe permitir auxiliar a los equipos de intervención, realizar las comunicaciones precisas y recibir a los servicios de ayuda exteriores.
- **Primeros auxilios y servicios médicos:** La prestación de primeros auxilios y atenciones médicas necesarias a los accidentados. Además, desde el punto de vista organizativo, en un plan de emergencia se establecen dos centros de control.
 - Centro de Control Avanzado (CCA): es el punto en el que se encuentra el mando de todos los equipos de intervención y próximo al lugar del accidente.
 - Centro de Control de la Emergencia (CCE) o Puesto de Mando: es el lugar desde donde se controlan y coordinan todas las actuaciones de la emergencia. Es un lugar físico alejado de la emergencia, que debe disponer de toda la documentación y elementos de comunicación, internos y externos, necesarios.

En cada centro deberá existir un organigrama de mando de emergencias que se deberá adecuar a las características específicas y a la estructura organizativa del mismo.

4. Operatividad

En este punto se debe responder entre otras a las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se alerta ante una emergencia? ¿Cuáles son las clases de alerta existentes?
- ¿A quién se debe avisar, cómo y qué se debe comunicar?
- ¿Quién clasifica el nivel de emergencia y la categoría del accidente?

- ¿Cuáles son las normas específicas de actuación de los diferentes grupos, mandos y personas involucradas y no involucradas en la emergencia? Por ejemplo, “puntos de reunión” para estas últimas que como su propio nombre indica, son aquellos lugares designados previamente para concentrarse las personas no involucradas en las emergencias
- ¿Cuáles son los canales de comunicación que se deben utilizar entre los diferentes mandos?

La organización y planificación de la operatividad en emergencias requiere tener definidas las acciones que se van a llevar a cabo en los casos siguientes: fuga de producto tóxico o inflamable, e incendio o explosión. Asimismo se deben especificar los medios de protección que se utilicen en cada caso.

Esta información se refleja en fichas de actuación, que se elaboran al menos para las personas y grupos siguientes:

- Director del PEI
- Personal de seguridad y extinción de incendios en la propia planta.
- Servicio sanitario.
- Personal administrativo.
- Personal a turnos de la instalación afectada.
- Personal a turnos de la instalación no afectada.
- Personal de talleres.
- Personal de almacenes.
- Personal de portería y centralita.
- Personal ajeno (visitas y contratistas).

La operatividad del PEI exige también la definición y establecimiento de la actuación de los equipos de lucha, que generalmente son dos, el EPI, equipo de primera

intervención, y el ESI, equipo de segunda intervención, que en función del nivel de emergencia y/o categoría de accidente deberá intervenir en apoyo del EPI.

5. Punto de reunión

Estos puntos se localizan en zonas seguras de la instalación industrial. Se establecen para utilizarse como lugares de concentración y encuentro de las personas no involucradas en la emergencia. La concentración en los puntos de reunión permite poder contabilizar y reconocer alguna persona ausente, bien por no haber oído el aviso de emergencia o por haberse visto afectada por la misma.

Debe definirse perfectamente quiénes deben acudir y cuándo a los puntos de reunión y especificar a una persona que realice las funciones de coordinación e identificación del grupo reunido.

Además, deberán establecerse los criterios de búsqueda del personal que falte en cada punto de reunión.

6. Interfase con el plan de emergencia exterior

Se especifican los medios y forma para la comunicación con los representantes legales del PEE y se indica el protocolo de aviso, así como la obligatoriedad de comunicar todos los accidentes de categoría 1, 2 y 3. De estos se consideran accidente mayor o grave las categorías 2 y 3, como ya se ha indicado anteriormente.

Si existe algún pacto establecido de ayuda mutua con otras empresas, los medios establecidos se integrarán al grupo de intervención del PEE.

7. Fin de la emergencia

Se especifican las condiciones bajo las cuales se puede considerar el fin de la emergencia, su comunicación y las acciones a poner en marcha tras su establecimiento. Estas actividades típicas de la post-emergencia, por parte del responsable de comunicaciones son:

- Hacerse cargo de las comunicaciones con el exterior.
- Recibir a las autoridades y personas (familiares) relacionados con la compañía, en los lugares destinados a tal efecto.

- Comprobar que el servicio de vigilancia mantiene el control de entrada y facilita las autorizaciones de entrada al recinto de la empresa.
- Informar ala personal de la compañía, a través de los cauces establecidos, sobre el alcance de las consecuencias.
- Organizar una rueda de prensa.

Además, el director de emergencia debe crear un grupo de trabajo o comité, con la participación de los jefes de la planta implicados en el accidente y el servicio de prevención para realizar una investigación y redactar un informe sobre el accidente.

Tan pronto como sea posible, la dirección debe restaurar prioritariamente los sistemas de seguridad, reconstruir las áreas afectadas y efectuar los trámites para la reanudación de los procesos.

8. Inventario de los medios disponibles.

En este apartado se describen los medios y equipamiento, fijo y móvil, contra incendios de los que dispone el centro.

9. Mantenimiento de la operatividad del PEI.

En este apartado se incluyen los requisitos para mantener la eficacia en la operatividad del PEI que son los siguientes:

- Programa de formación del personal adscrito al PEI.
- Programa de entrenamiento del personal en la utilización del equipo contra incendios.
- Definición, normalización y programas de los ejercicios y simulacros de activación del PEI.

Además de los requisitos indicados, el PEI deberá actualizarse periódicamente, por la incorporación de escenarios accidentales de instalaciones nuevas, por variación dela existentes, o bien por las recomendaciones suscitadas en los ejercicios y simulacros realizados.

El programa de formación debe cubrir los siguientes objetivos:

- Conocimiento del PEI a toda la plantilla
- Conocimientos restringidos del PEI al personal de contratas, el cual abarcará puntos de reunión, evacuación y normas generales en caso de emergencia.
- Conocimiento del PEI por todos los equipos de intervención de ayuda exterior (bomberos, Protección Civil, Cruz Roja,...)

10. Orden de llamadas

En este apartado figuran los nombres y teléfonos del personal implicado directamente, para los casos en que la emergencia se produzca en horas fuera de la jornada normal de trabajo.

11. Anexos

Es frecuente incluir en el PEI unos anexos, que incluyen fundamentalmente las fichas de actuación de las personas o grupos que participan en la emergencia y fichas con la información de riesgo de los productos que pueden originar una emergencia, donde figuran los peligros principales, medios de protección, modos de actuación y primeros auxilios. Estas fichas son extractos de las fichas de datos de seguridad, aunque también pueden utilizarse estas mismas.

Una vez que se ha detallada las partes de las que consta un plan de emergencia interior se pasa a desarrollar el procedimiento de actuación para los casos de los principales riesgos que existen en una instalación industrial de producción de un compuesto químico.

1. Incendio

El primer paso es activar la alarma, accionar el pulsador y comunicar al cargo más cercano claramente el lugar y la situación de la emergencia. Se avisará a demás a los trabajadores que se encuentren por el camino. Finalmente, se actuará de acuerdo a lo establecido en el PEI para el caso de la emergencia concreta y sobre todo no se actuará de forma negligente.

A. Conato de emergencia

- Coger el extinto más próximo
- Dirigirse al lugar de la emergencia
- Intervenir siempre y cuando no se encuentre la persona sola (mínimo 2 personas)
- Si es posible y se tiene conocimiento, cortar la fuente de combustible.
- Accionar o utilizar las medidas de contra incendios indicadas.
- Si se ve alguna persona accidentada, recogerlo e informar de su situación.

B. Emergencia parcial

- Seguir con la situación hasta que llegue el personal cualificado de la zona.
- No irse de la zona.
- Seguir las instrucciones del encargado.

C. Emergencia general

- Dirigirse al punto de reunión.
- Mantener la calma.

2. Fuga

El primer paso es activar la alarma, accionar el pulsador, y comunicar al encargado más cercano el lugar y la situación concreta de la emergencia. Se avisará a los compañeros que se encuentren por el camino y finalmente, se actuará como lo dicte el PEI en el caso concreto de esa emergencia y no se cometerán negligencias.

A. Conato de emergencia

- Coger los equipos de protección respiratoria disponibles y observar la dirección del viento.
- Dirigirse al lugar de la emergencia, situándose en la dirección contraria a la del viento.
- Si es posible y se tiene conocimiento, cortar la alimentación al equipo o tubería que tiene la fuga.
- No golpear ningún metal ni manipular material eléctrico.
- Si se ve alguna persona accidentada, recogerlo e informar de su situación.

B. Emergencia parcial

- Seguir con la situación hasta que llegue el personal cualificado de la zona.
- Abandonar la zona si su equipo de protección no le permite seguir con el trabajo.
- Seguir las instrucciones del encargado.

C. Emergencia general

- Encerrarse en el edificio más próximo, intentando impedir la entrada de aire a la habitación; no fumar y respirar a través de un pañuelo mojado en agua en caso de no tener mascarilla.
- No salir del lugar en el que se encuentre confinado hasta que no lo ordenen los bomberos.
- Mantener la calma.

3. Derrame.

El primer paso es activar la alarma, accionar el pulsador, y comunicar al encargado más cercano el lugar y la situación concreta de la emergencia. Se avisará a los compañeros que se encuentren por el camino y finalmente, se actuará como lo dicte el PEI en el caso concreto de esa emergencia y no se cometerán negligencias.

A. Conato de emergencia

- Colocarse los equipos de protección respiratoria o química disponibles.
- Dirigirse al lugar de la emergencia.
- Si es posible y se tiene conocimientos, cortar la fuente del derrame.
- No golpear ningún metal ni manipular material eléctrico.
- Intentar retener el derrame, de manera que no llegue a la red de agua.

B. Emergencia parcial

- Seguir con la situación hasta que llegue personal cualificado de la zona.
- Seguir las instrucciones del encargado.

C. Emergencia general

- Dirigirse al punto de reunión
- Mantener la calma.

4. Explosión.

El primer paso es activar la alarma, accionar el pulsador, y comunicar al encargado más cercano el lugar y la situación concreta de la emergencia. Se avisará a los compañeros que se encuentren por el camino y finalmente, se actuará como lo dicte el PEI en el caso concreto de esa emergencia y no se cometerán negligencias.

A. Conato de emergencia.

- Coger los equipos de protección respiratoria y extintores más próximos. Observar también la dirección del viento.
- Dirigirse al lugar de la emergencia y una vez allí, situarse en dirección contraria al viento.
- Si es posible y se tiene conocimiento, cerrar válvulas.
- Atender a los posibles accidentados
- Actuar preventivamente para evitar posibles incendios, fugas tóxicas o nuevas explosiones.
- Intentar buscar la protección con armarios, puertas, etc., para estar protegidos en caso de una nueva explosión.

B. Emergencia parcial.

- Seguir con la situación hasta que venga personal cualificado de aquella zona y los equipos lo permitan.
- Seguir las instrucciones del encargado.

C. Emergencia general.

- Dirigirse al punto de encuentro, siguiendo en todo momento las advertencias del encargado.
- Mantener la calma.

5.12.2.2. Plan de emergencia exterior.

Los planes especiales de las comunidades autónomas ante el riesgo de accidentes graves en establecimientos en los que se encuentran sustancias peligrosas se denominan planes de emergencia exterior (PEE). Estos planes establecerán las medidas de prevención y de información, así como la organización y los procedimientos de actuación y coordinación de los mismos con los recursos de la propia comunidad autónoma, de otras Administraciones Públicas asignados al plan y de entidades públicas y privadas con el objetivo de prevenir y, en su caso, mitigar las consecuencias de estos accidentes sobre la población, el medio ambiente y los bienes que puedan verse afectados.

La elaboración del plan de emergencia exterior no es potestad del establecimiento industrial de modo que para el presente proyecto no se detallará el plan anteriormente citado. Se mencionarán únicamente cuáles son sus funciones básicas:

1. Determinar las zonas de intervención y alerta.
2. Prever la estructura organizativa y los procedimientos de intervención para las situaciones de emergencia por accidente graves.
3. Prever los procedimientos de coordinación con el plan estatal para garantizar su adecuada integración.
4. Establecer los sistemas de articulación con las organizaciones de las Administraciones municipales y definir los criterios para la elaboración de los planes de actuación municipal de aquellas.
5. Especificar los procedimientos de información a la población sobre el comportamiento a adoptar en caso de accidente.
6. Catalogar los medios y recursos específicos a disposición de las actuaciones previstas.
7. Garantizar la implantación y mantenimiento del plan.

5.13. PLAN DE EVACUACIÓN

El plan de evacuación se pone en marcha en el momento en el que suena la alarma de evacuación, indicando a todo el personal del área, a excepción de aquellos que forman parte de los equipos de intervención, que abandonen sus lugares de trabajo, dejando los equipos en situación segura y saliendo de las instalaciones por las vías de evacuación en dirección al punto de encuentro.

En la evacuación de la instalación industrial se han de tener en cuenta tanto el RD 2267/2004 como el CTE en este último la Exigencia Básica SI 3- Evacuación de ocupantes, para lo cual en ambos casos se deberá realizar un cálculo de la ocupación en cada zona.

Las vías de evacuación deberán estar señalizadas y libres de obstáculos para facilitar el movimiento ordenado del personal, el cual ha de saber donde se encuentran las mismas y como proceder en caso de evacuación.

En cualquier caso la evacuación se llevará a cabo rápidamente, con orden y precaución, siguiendo las siguientes normas:

- Seguir las instrucciones del personal que dirige la evacuación.
- Mantener la calma en todo momento y evitar el pánico, saliendo sin correr ni gritar.
- No entrar nunca en una zona afectada ni retroceder con la intención de recuperar objetos personales.
- Usar la vía de evacuación más rápida.
- Ayudar a salir a las personas que lo necesiten.
- En caso de que resulte imposible salir, realizar algún tipo de señal para avisar y que pueda ser evacuado.

El proceso de evacuación consta de tres fases que se detallan a continuación:

1. Abandono del área afectada.

- Parar todas las máquinas, cerrar las llaves de paso de líquidos y gases así como desconectar los aparatos eléctricos.

- Comprobar que todo el personal haya evacuado la zona.
 - Cerrar las ventanas y las puertas de oficinas, almacenes y laboratorios cuando todos hayan salido.
2. Dirigirse al punto de encuentro.
- Dirigirse al punto de encuentro considerando la zona afectada, siguiendo los recorridos de evacuación establecidos y cumpliendo las instrucciones de los equipos de emergencia.
3. Concentración en el punto de encuentro.
- Se permanecerá en el punto de encuentro hasta que se indique la vuelta al edificio u otra acción.
 - Se seguirán respetando las indicaciones del personal de los equipos de emergencia.

6. Medio ambiente

6. Medio ambiente

6.1. Introducción.....1

6.2. Legislación actual de contaminación ambiental.....2

6.2.1. Límites de emisiones de efluentes gaseosos.....2

6.2.2. Límites de emisiones de efluentes líquidos.....5

6.3. Tratamientos de los residuos generados en la producción de acetaldehído.....7

6.3.1. Tratamiento para los efluentes gaseosos producidos en la producción de acetaldehído.....7

6.3.1.1. Funcionamiento de la oxidación catalítica y la torre de adsorción.....9

6.3.1.2. Funcionamiento de la antorcha de combustión.....11

6.3.1.3. Aprovechamiento energético.....13

6.3.2. Tratamiento para los efluentes líquidos producidos en la producción de acetaldehído.....15

6.3.2.1. Primera opción.....16

6.3.2.2. Segunda opción.....21

6.3.2.3. Tercera opción.....25

6.4. Tratamiento de otros residuos producidos en la producción de acetaldehído.....29

6.5. Estudio del impacto ambiental.....30

6.5.1 Identificación y minimización de impactos.....31

6.1. Introducción

Durante muchos años los gobiernos de los países desarrollados no han tenido ningún reparo a la hora de dañar el medio ambiente, pero el creciente deterioro del mismo, como consecuencia de los actuales patrones insostenibles de consumo y producción ha hecho que la Organización de las Naciones Unidas (tratado de Kioto) haya reconocido los problemas ocasionados por la contaminación ambiental como una de las principales preocupaciones de la sociedad actual.

La contaminación se apunta como causa de las principales problemáticas del medio ambiente tales como el cambio climático, la desertificación o la pérdida de biodiversidad entre otras. Desde finales del siglo XX, la sociedad está empezando a tomar conciencia de que la industria es una de las principales fuentes de deterioro del entorno. El endurecimiento de las legislaciones al respecto ha provocado una mayor preocupación por parte de las empresas que deben hacer un gran esfuerzo para disminuir sus efectos sobre el medio ambiente y cumplir la normativa vigente. Este hecho ha provocado el desarrollo de medidas que reducen drásticamente la contaminación y también la recuperación de subproductos, agua y energía.

A lo largo de este apartado del proyecto se analizarán los residuos y emisiones que se generan en una planta de producción de acetaldehído y se estudiarán las medidas pertinentes para reducirlos.

6.2. Legislación actual de contaminación ambiental

6.2.1. Límites de emisiones de efluentes gaseosos

La contaminación del aire es un proceso que se inicia con las emisiones al aire por arte de los diferentes focos emisores, niveles de emisión, de contaminantes a la atmósfera. Una vez estas sustancias se encuentran en la atmósfera sufren diferentes efectos de transporte y/o transformación. Como resultado de estos procesos, en un punto determinado se da una determinada concentración de cada contaminante, se conoce como nivel de inmisión.

Son los niveles de inmisión o de calidad del aire los que determinan el efecto de un contaminante sobre la salud o el medio ambiente.

Por lo tanto, para minimizar la contaminación atmosférica es necesario, por un lado el control de las emisiones atmosféricas (niveles de emisión), y por otro lado, el control y la vigilancia de la presencia de los contaminantes al aire en diferentes puntos receptores (niveles de inmisión). Al tratar el problema de la contaminación atmosférica, hay que tener presente que, aunque hay cierta relación entre emisión e inmisión, estos parámetros no son necesariamente equivalentes porque entre ambos hay un proceso de transporte y dispersión mediante la atmósfera, que puede dispersar o concentrar los contaminantes o incluso modificar su naturaleza.

Para luchar contra la contaminación atmosférica se han promovido diversas leyes en todo el estado. En Cataluña las leyes medioambientales en vigor actualmente y referentes a la contaminación atmosférica son:

- Orden de 20 de Junio de 1986, por la cual se establece la estructura y funcionamiento de la Red de Vigilancia y Previsión de la Contaminación Atmosférica.
- Decreto 323/1994, de 4 de noviembre, por el cual se regulan las instalaciones de incineración de residuos y los límites de sus emisiones a la atmósfera.
- Decreto 199/1995, de 16 de mayo de aprobación de los mapas de vulnerabilidad y capacidad del territorio referente a la contaminación atmosférica.
- Resolución de 30 de octubre de 1995, por la cual se aprueba una ordenanza municipal tipo, reguladora del ruido y las vibraciones.
- Decreto 398/1996, de 12 de diciembre, regulador del sistema de planes graduales de reducción de emisiones a la atmósfera.

- Decreto 319/1998, de 15 de diciembre, sobre límites de emisión para instalaciones industriales de combustión de potencia térmica inferior a 50 MWt e instalaciones de cogeneración.

A continuación se muestra una lista de las sustancias que tienen un valor límite de emisión a la atmósfera fijado por la normativa. Ésta es de gran ayuda para identificar que sustancias se han de tratar antes de ser emitidas a la atmósfera. En el caso de nuestra planta, como se verá más adelante, se produce etileno, acetaldehído y cloruro de metilo, que son sustancias con límite de emisión. En este caso se tiene que comprobar si se sobrepasa este límite o no. En caso de que nuestra emisión sea superior al límite fijado, se requerirá un tratamiento previo antes de su emisión a la atmósfera para reducir su emisión.

Lista de las 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

Para conocer los límites legales de COV's (compuestos orgánicos volátiles) en efluentes gaseosos, es necesario consultar la directiva 1999/13/CE del Consejo de 11 de marzo de 1999 y el RD 117/2003.

De estos documentos se extrae la siguiente tabla:

Actividad (umbral de consumo de disolvente en Tn/año)	Valores límite de emisión en gases residuales (mg C/Nm ³)	Valores de emisión difusa (% de entrada de disolventes)		Valores límite de emisión total		Disposiciones especiales
		Instalaciones nuevas	Instalaciones existentes	Instalaciones nuevas	Instalaciones existentes	
20. Fabricación de productos químicos (>50)	20 (1)	5 (2)	15 (2)	5% de la entrada	15% de la entrada	(1) Si se utilizan técnicas que permiten la reutilización del disolvente recuperado, el valor límite de emisión en gases residuales será de 150. (2) El valor límite de emisión difusa no incluye el disolvente vendido como parte de productos o preparados en un recipiente hermético.

Tabla 6.2.1. Límites de emisión para componentes orgánicos volátiles.

Además las emisiones de cloro deben respetar la Directiva europea 96/62/CE, sobre gestión i evaluación de la calidad del aire, transpuesta mediante el Real decreto 1073/2002:

Cl ₂ i HCl VALORS DE REFERÈNCIA D'ACORD AMB EL DECRET 833/1975		
	Paràmetre	Valor límit
Valor límit semihorari	mitjana semihorària	300 µg/m ³
Valor límit diari	mitjana diària	50 µg/m ³

Tabla 6.2.2: Límites de emisiones de efluentes gaseosos con compuestos clorados

6.2.2 Límites de emisiones de efluentes líquidos

La contaminación del agua por parte de la industria viene producida por los vertidos de aguas residuales. Las aguas residuales son las que proceden del proceso de producción, transformación o manipulación, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de refrigeración. Estas aguas arrastran, entre otros, residuos de aceite y residuos de materia orgánica. Se establecen niveles de calidad para la evacuación de vertidos en sistemas acuáticos.

Estos criterios de calidad fijados por la Generalitat de Catalunya (Departament del Medi Ambient) se reflejan en la siguiente normativa:

- Ley 5/1981, de 4 de Junio, de Evacuación y Tratamiento de Aguas Residuales.
- Orden de 2 de Diciembre de 1982, sobre tabla de coeficientes específicos de contaminación para la estimación a cómputo de las cantidades vertidas a los medios naturales.
- Orden de 19 de Febrero de 1987, normas complementarias en materia de autorizaciones de vertidos de aguas residuales.
- Decreto 83/1996 de 5 de Marzo, sobre Medidas de regularización de vertidos de aguas residuales.
- Resolución MAH/1603/2004 de 21 de Mayo, por la que se establecen los criterios medioambientales para el otorgamiento del distintivo de garantía de calidad ambiental a los productos y a los sistemas que favorecen el ahorro de agua.

En estas normativas se tratan diferentes asuntos tales como la protección contra la contaminación causada por sustancias peligrosas o el tratamiento y vertido de aguas residuales urbanas.

La siguiente lista indica las sustancias que tienen un límite de emisión fijado que no deben superar para ser emitidas al agua.

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

- Compuestos organohalogenados y sustancias que los pueden formar en el agua
- Compuestos organofosforados
- Compuestos organoestánicos
- Sustancias y preparados cuyas propiedades cancerígenas, mutágenas o que puedan afectar a la reproducción en el medio acuático o vía el medio ambiente acuático estén demostradas
- Hidrocarburos persistentes y sustancias orgánicas tóxicas persistentes y bioacumulables
- 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).

Los límites de vertido que marca la legislación son:

Tabla 6.2.3: Límites de emisión de efluentes líquidos.

Parámetro	Valor límite
Temperatura	40°C
pH (entre)	6-10
DQO	1500 mg/l
Sólidos en suspensión	500 mg/l

6.3. Tratamientos de los residuos generados en la producción de acetaldehído

6.3.1. Tratamiento para los efluentes gaseosos producidos en la producción de acetaldehído

A continuación, se detallan los efluentes gaseosos de la planta que se deben tratar para poder cumplir la legislación anteriormente mostrada. Sin dichos tratamientos la planta de producción de acetaldehído no sería respetuosa con el medio ambiente.

Los principales efluentes gaseosos de la planta de producción de acetaldehído son:

Principalmente se tratan los gases de salida (corriente 18) de la columna de absorción (AB-201), que contiene mayoritariamente etileno y oxígeno, alguna traza de vapor de agua, dióxido de carbono y acetaldehído. También se tratan los gases de salida (39) de la columna de desabsorción (DA-401), que mayoritariamente contiene acetaldehído, cloruro de metilo y las trazas de etileno y oxígeno que restan en la corriente de proceso. Estas son las principales corrientes a tratar. Por otro lado, también llegan los venteos de los tanques de almacenamiento de crotonaldehído ya que no se pueden emitir a la atmósfera.

A continuación se muestran las características de las principales corrientes a tratar:

Tabla 6.3.1: Caracterización de los corrientes a tratar.

Corriente	18	39
Temperatura (°C)	5,29	43,51
Presión (atm)	1,00	1,00
Densidad (Kg/m ³)	1,29	1,62
Estado físico	G	G
Cabal másico		
Etileno	509,58	0,95
Oxígeno	290,31	1,43
Acetaldehído	3,49	91,80
Agua	4,37	3,80
Ácido acético	0,00	0,00
Crotonaldehído	0,02	0,01
Cloruro de metilo	0,51	10,41
Cloroacetaldehído	0,04	0,01
CO ₂	3,60	0,36
Total	811,91	108,76

Para el tratamiento de los efluentes se propone una oxidación catalítica para la eliminación de compuestos orgánicos volátiles (COV), y un tratamiento posterior de adsorción para la eliminación de compuestos clorados que en su oxidación provocan la producción de ácido clorhídrico, hecho que se explicará a continuación.

Para el tratamiento de gases contaminantes se decide mezclar los dos caudales anteriormente nombrados, ya que la presencia de contaminantes (COV's y compuestos clorados) es significativa en cada uno de ellos. El caudal resultante se muestra en la siguiente tabla, donde se calculan las concentraciones de estos para saber la cantidad a eliminar.

Tabla 6.3.2: Caracterización del corriente a tratar

Corriente a tratar	Cabal molar (kmol/h)	Fracción molar	Cabal másico (kg/h)
Etileno	18,20	0,60	509,56
Oxígeno	9,12	0,30	291,73
Acetaldehído	2,16	0,07	95,16
Agua	0,45	0,01	8,16
ácido acético	0,00	0,00	0,00
crotonaldehído	0,00	0,00	0,03
cloruro de metilo	0,22	0,01	10,92
cloroacetaldehído	0,00	0,00	0,04
CO ₂	0,09	0,00	3,96
Total	30,24	1,00	919,57

Para el cálculo de la concentración de cada uno de los compuestos primero debemos calcular el caudal volumétrico normalizado de la siguiente manera:

$$Q \left(\frac{Nm^3}{h} \right) = \frac{30,24 \left(\frac{kmol}{h} \right) \times 0,082 \left(\frac{atm \cdot Nm^3}{K \cdot Kmol} \right) \times 273(K)}{1(atm)} = 676,95 \left(\frac{Nm^3}{h} \right)$$

Tabla 6.3.3: Concentraciones del corriente a tratar

Componente	Concentración (g/Nm ³)
Etileno	752,75
Acetaldehído	140,58
ácido acético	0,00
crotonaldehído	0,04
cloruro de metilo	16,14
cloroacetaldehído	0,06

Con estas concentraciones tan elevadas se aplican los siguientes procesos de tratamiento de gases residuales para su posible emisión a la atmósfera:

6.3.1.1. Funcionamiento de la oxidación catalítica y la torre de adsorción

Se observa que las concentraciones de los hidrocarburos y del cloruro de metilo son muy elevadas así que se propone su eliminación a partir de un reactor de oxidación catalítica, y un tratamiento de adsorción.

El reactor de oxidación catalítica (RC-801) diseñado en el apartado de manuales de cálculo, se aplica para reducir la concentración de compuestos orgánicos volátiles mediante su oxidación total y obteniendo una conversión del 99,99% en un tiempo de residencia casi instantáneo de 5,4 segundos ($GHSV = 670h^{-1}$). La oxidación de estos compuestos se muestra en las siguientes reacciones químicas:



A partir de estas se calcula las necesidades de oxígeno para su oxidación, la cantidad de vapor de agua y de dióxido de carbono formado. Estos cálculos se especifican en el manual de cálculo del reactor.

A continuación se muestran las cantidades necesarias para producir la oxidación total de estos compuestos, y las cantidades de productos producidas en el reactor:

Tabla 6.3.4: Producciones y necesidades para el tratamiento de COV's.

Producción de CO₂ (kg/h)	1801,24
Producción de H₂O (kg /h)	736,86
Necesidades de oxígeno (Kg/h)	1930,36
Caudal de aire (Kg/h)	9941,36

El caudal de aire se calcula, sabiendo que se aplica un exceso de oxígeno del 20%, con una composición del aire de un 21% de oxígeno y un 79% de nitrógeno.

Para el cálculo de las concentraciones de salida del reactor se debe volver a calcular el caudal volumétrico en condiciones normales, ya que se ha mezclado con el aire para la aportación necesaria de oxígeno.

Las concentraciones de salida del reactor para los compuestos orgánicos volátiles se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6.3.5: Concentraciones de COV's a la salida del reactor.

Componente	Concentración (mg/m ³)
Etileno	6,05
Acetaldehído	1,13
ácido acético	0,00
crotonaldehído	0,00
cloruro de metilo	0,13
cloroacetaldehído	0,00
Total	7,311

Tal y como se comentó en la legislación de componentes gaseosos, el límite para compuestos orgánicos volátiles es de 20 mg/Nm³ en consecuencia, conseguimos que el reactor oxide los compuestos orgánicos volátiles hasta alcanzar una concentración de salida de 7,3 mg/Nm³.

Finalmente, se calcula la concentración del ácido clorhídrico producido en el reactor teniendo en cuenta que el catalizador retiene el 50% de los cloruros en forma de CrO₂Cl₂. Este cálculo se realiza para determinar la concentración a tratar en las columnas de adsorción (AD-801/802). Este valor se obtiene mediante la producción de HCl calculada en el manual de cálculo del reactor y el caudal volumétrico de salida.

Tabla 6.3.6: Concentraciones de ácido clorhídrico a la salida del reactor.

Concentración HCl (mg/m ³)
469,99

Sabiendo que la concentración máxima de ácido clorhídrico permitido para emitir a la atmósfera es de 50 µg/Nm³, se observa que la concentración a la salida del reactor es

demasiado grande. Por lo tanto, se propone una adsorción de estos gases sobre un carbón activo impregnado de NaOH que retendrá el 99,99% del ácido clorhídrico.

En este caso se decidió doblar el equipo para poder asegurar una buena adsorción, que en caso de no ser la deseada, se operaría con la otra columna para poder cambiar el carbón activo de la primera.

Sabiendo que se elimina el 99,99% del ácido clorhídrico, se calcula la cantidad de este a la salida de la columna, al igual que se calcula la concentración para asegurarnos que se cumple la legislación.

Tabla 6.3.7: Concentraciones de ácido clorhídrico a la salida de la columna de adsorción.

Caudal másico de HCl (g/h)	0,01
Concentración a la salida ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)	47,01

Como era de esperar después del tratamiento del caudal de salida del reactor de oxidación catalítico con la columna de adsorción, se observa que finalmente la concentración de compuestos clorados es inferior al límite impuesto por la legislación y por tanto los gases están limpios y tratados para su vertido a la atmosfera.

6.3.1.2. Funcionamiento de la antorcha de combustión.

En este apartado se explica la funcionalidad de la antorcha de combustión en nuestra planta de producción de acetaldehído. Para empezar, la antorcha de combustión está pensada para tener una seguridad en la eliminación de compuestos orgánicos volátiles, que en caso de no conseguir su total eliminación en el reactor estos fueran eliminados en esta antorcha. Para asegurar su funcionamiento se envía una purga del caudal de entrada al reactor de un 5-10% para su funcionamiento perpetuo. Estos gases son tratados en la antorcha conjuntamente con el caudal de salida de nuestro proceso de purificación que consta de un reactor y unas columnas de adsorción consiguiendo así que la concentración a la salida de la antorcha este dentro de los límites de la legislación.

A continuación se muestra la antorcha ("flare") seleccionada para nuestra planta de producción de acetaldehído, esta será suministrada por "Combustion Tornado S.A."



Figura 6.3.1: Antorcha de combustión para caudales gaseosos con compuestos ácidos suministrada por Combustion Tornado S.A.

Se eligió la adquisición de esta antorcha de manera que fuera capaz de tratar unos rangos de caudales similares a los de nuestro proceso. Esta según sus características marcadas por el suministrador, es capaz de tratar hasta 55 MMCFD (millones de pies cúbicos por día), y en nuestro caso nosotros tenemos un caudal aproximado de 11 MMCFD. El coste aproximado de este equipo se estima alrededor de 80.000 euros.

6.3.1.3. Aprovechamiento energético

Finalmente, en el tratamiento de gases, se aprovecha el calor generado en la oxidación de los compuestos orgánicos volátiles mediante tres intercambiadores de calor.

El primero se encuentra a la salida del reactor, el I-801, su función es precalentar el aire atmosférico que entra al reactor hasta 250 °C enfriando los gases de salida de 750°C hasta 560 °C aproximadamente. El calor intercambiado en este equipo es igual a $2,37 \cdot 10^6$ kJ/h.

Tabla 6.3.8: Balance de energía para el intercambiador I-801

I-801									
Aire atmosférico					Salida reactor				
Te(°C)	Ts(°C)	Cp(kJ/kg·°C)	m(kg/h)	Q (kJ/h)	Te(°C)	Ts(°C)	Cp(kJ/kg·°C)	m(kg/h)	Q (kJ/h)
20,00	250,00	1,04	9941,40	2,37E+06	750,00	560,19	1,18	10544,00	2,37E+06

El segundo intercambiador (I-802), se utiliza para calentar los gases que se introducen al reactor, adecuando la temperatura a 250°C, y en consecuencia, enfriando los gases de salida hasta 550°C. Este calor intercambiado es igual a $3,37 \cdot 10^5$ kJ/h.

Tabla 6.3.8: Balance de energía para el intercambiador I-802

I-802									
Gases con COV's					Salida reactor después de I-801				
Te(°C)	Ts(°C)	Cp(kJ/kg·°C)	m(kg/h)	Q (kJ/h)	Te(°C)	Ts(°C)	Cp(kJ/kg·°C)	m(kg/h)	Q (kJ/h)
12,00	250,00	1,54	920,75	3,37E+05	560,19	532,67	1,16	10544,00	3,37E+05

Finalmente se encuentra un tercer intercambiador (I-803) que se utiliza para producir vapor de agua, reduciendo así, las necesidades de producción de este en el área de servicios de nuestra planta de producción de acetaldehído. Para conseguir que los gases que salen del reactor y que se introducen en las columnas de adsorción (AD-801/802) estén a una temperatura aproximada de 50°C. Este intercambio nos produce a partir de agua de red, 2096,6 kg/h de vapor a 145°C que es la temperatura requerida de uno de nuestros vapores necesarios para nuestro proceso. En estos intercambiadores el calor descambiado es igual a $2,83 \cdot 10^6$ ya que se dividen el calor ya que se divide tanto el caudal de gas como el de agua para generar vapor.

Tabla 6.3.8: Balance de energía para el intercambiador I-803

I-803									
Agua para servicios					Salida reactor después de I-802				
Te(°C)	Ts(°C)	Cp(kJ/kg·°C)	m(kg/h)	Q(kJ/h)	Te(°C)	Ts(°C)	Cp(kJ/kg·°C)	m(kg/h)	Q(kJ/h)
20,00	145,00	3,49	2096,60	5,65E+06	532,67	50,00	1,11	10544,00	5,65E+06

6.3.2. Tratamiento para los efluentes líquidos producidos en la producción de acetaldehído

A continuación se muestran los efluentes líquidos de la planta que se deben tratar para poder cumplir la legislación anteriormente mostrada. Sin dichos tratamientos la planta de producción de acetaldehído no sería respetuosa con el medio ambiente.

Los principales efluentes líquidos de la planta de producción de acetaldehído son:

Para situarnos, a la salida de la columna CD-401, tenemos 3 corrientes (31, 32, 40):

De la primera (31), por cabezas de la columna, sale el producto deseado, acetaldehído listo para almacenar y vender.

La salida lateral (40), contiene crotonaldehído y cloroacetaldehído. Este residuo líquido no es degradable mediante eliminación biológica de materia orgánica debido a las concentraciones en las que se encuentran estos compuestos en la misma.

El crotonaldehído es un compuesto tóxico que provoca la inhibición de la degradación biológica de los compuestos orgánicos a concentraciones entre 10-200 mg/l. El cloroacetaldehído también provoca la inhibición del proceso de degradación de materia orgánica cuando la concentración de iones cloruros es superior a 1500 mg/l provocando que el coeficiente de muerte de la biomasa llegue a aumentar hasta un factor de 2,6 de su valor típico. Además, provoca que la concentración de biomasa disminuya más de un 37%.

La tercera y última corriente (32), la de colas, es el agua residual del proceso que contiene compuestos biodegradables, como ácido acético, trazas de cloroacetaldehído y de crotonaldehído. Esta corriente se divide en agua de proceso que se recircula (34) y en una corriente (33) que se lleva a tratar mediante un tratamiento biológico para eliminar el exceso de materia orgánica.

A continuación se muestran las características de los dos caudales a tratar (33, 40):

Tabla 6.3.9: Características de los corrientes a tratar.

Corriente	40	33
Temperatura (°C)	90,37	100,00
Presión (atm)	1,00	1,00
Densidad (Kg/m ³)	958,28	947,90
Estado físico	L	L
Etileno	0,00	0,00
Oxígeno	0,00	0,00
Acetaldehído	35,62	0,00
Agua	4657,39	65277,00
Ácido acético	2,18	28,21
Crotonaldehído	62,95	0,03
Cloruro de metilo	0,00	0,00
Cloroacetaldehído	241,89	0,00
CO ₂	0,00	0,00
Total (kg/h)	5000,02	65305,25

Para el tratamiento de los efluentes se proponen 3 alternativas. El tratamiento que se lleve a cabo se elegirá en función de las eficacias y los costes asociados a cada uno de ellos.

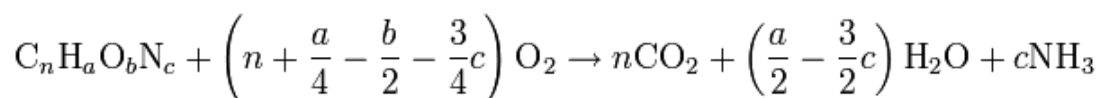
6.3.2.1. Primera opción

La primera opción que se planteó fue llevar el corriente 33 a un tratamiento biológico mediante una estación depuradora de aguas residuales y hacer que un gestor externo (ECOIMSA.SA) traté el corriente (40) ya que no es posible su tratamiento mediante una degradación biológica.

Diseño de la estación depuradora de aguas residuales para el tratamiento de residuos líquidos.

Para el cálculo de la demanda química de oxígeno (DQO) se necesita saber la concentración de cada compuesto y la relación estequiometría de cada uno:

Relación estequiometría de cada compuesto en relación al oxígeno, se calcula mediante:



Así se obtienen:



Para calcular la concentración y la DQO que se muestran a continuación se realizaron utilizando el siguiente método:

Ejemplo para el etileno:

$$[C_2H_4] \left(\frac{mg \ C_2H_4}{l} \right) = \frac{\text{Caudal másico}_{C_2H_4} \left(\frac{kg}{h} \right)}{\text{Caudal volumetrico total} \left(\frac{m^3}{h} \right)} \times \frac{10^6 (mg)}{1 (kg)} \times \frac{1 (m^3)}{1000 (l)}$$

$$DQO_{[C_2H_4]} \left(\frac{mg \ O_2}{l} \right) = [C_2H_4] \left(\frac{mg \ C_2H_4}{l} \right) \times \frac{1 \ mmol \ C_2H_4}{28 \ mg \ C_2H_4} \times \frac{3 \ mmol \ O_2}{1 \ mmol \ C_2H_4} \times \frac{32 \ mg \ O_2}{1 \ mmol \ O_2}$$

Así sucesivamente y con la estequiometría mostrada anteriormente en las reacciones de oxidación se obtienen los resultados de concentración y de demanda química de oxígeno.

Para asegurarnos que la concentración de iones cloruros no es mayor a 200 mg/l, ya que en ese caso estos inhiben la reacción biológica de oxidación, calculamos la concentración de ellos:

Ejemplo para el cloruro de metilo:

$$[Cl^-] \left(\frac{mg \ Cl^-}{l} \right) = [CH_3Cl] \left(\frac{mg \ CH_3Cl}{l} \right) \times \frac{1 \ mmol \ CH_3Cl}{51 \ mg \ CH_3Cl} \times \frac{1 \ mmol \ Cl^-}{1 \ mmol \ CH_3Cl} \times \frac{35,5 \ mg \ Cl^-}{1 \ mmol \ Cl^-}$$

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para el corriente a tratar mediante el sistema de tratamiento de aguas residuales biodegradables.

Tabla 6.3.10: Características del corriente a tratar 33.

Corriente a tratar (33)	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Concentración (mg/l)	DQO (mg O ₂ /l)	Concentración Cl ⁻ (mg/l)
Etileno	0,00	0,00	0,00	0,00	--
Oxígeno	0,00	0,00	0,00	--	--
Acetaldehído	0,00	0,00	0,00	0,00	--
Agua	65276,84	0,9996	997576,25	--	--
ácido acético	28,21	0,0004	431,16	459,90	--
Crotonaldehído	0,03	0,00	0,46	1,06	--
cloruro de metilo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cloroacetaldehído	0,00	0,00	0,05	0,04	0,02
CO ₂	0,00	0,00	0,00	---	--
TOTAL	65305,09	1,00	----	461,00	0,02
Caudal volumétrico (m³/h)	65,44				

Observando los resultados obtenidos se puede decir que el agua a tratar tiene unas características perfectas para su tratamiento. En este caso la concentración de los compuestos inhibidores del proceso biológico es muy pequeña y la demanda química de oxígeno está por debajo de la legislación. En este caso, por legislación no haría falta ni el diseño de una estación depuradora, pero se diseñará una balsa aireada para evitar posibles picos de materia orgánica que podrían hacer que la DQO fuera superior a la máxima fijada por la legislación.

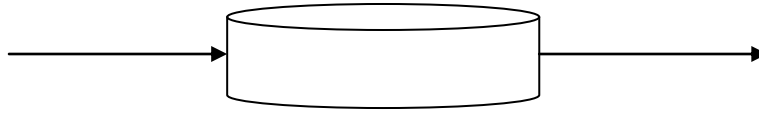
Diseño de la balsa para la disolución de posibles picos de DQO.

Suponiendo que en algún caso inesperado, en esta salida se encuentre un pico puntual de DQO, por ejemplo de 2500 mg/l, debemos estar preparados ya que al decidir no hacer una estación depuradora de aguas residuales se debe asegurar no verter una concentración mayor a la permitida por legislación.

Suponiendo que en condiciones de operación normal de la planta, se ha diseñado una balsa aireada con un tiempo de residencia aproximado de 6 h. Para la posible transformación de esta en un reactor aerobio en caso de ser necesario más adelante.

Así pues, si suponemos que por cualquier problema en el proceso de producción se produzca un pico de DQO de 2500mg/l debemos estar seguros que no sobrepasaremos la legislación. Se realiza el cálculo del tiempo máximo de duración el pico de DQO:

Figura 6.3.2 Balsa aireada.



$$Q_e = 65'5 \text{ m}^3/\text{h}; C_e = 2500 \text{ mg/l}; Q_s = 65'5 \text{ m}^3/\text{h}; C_s < 1500 \text{ mg/l}; V = 400 \text{ m}^3; C_o = 460 \text{ mg/l}$$

$$E - S = A$$

$$Q(C_e - C_s) = V \frac{dC}{dt} + C \frac{dV}{dt} \text{ Sabiendo que el volumen es constante;}$$

$$\int_{460}^{1500} \frac{1}{(2500 - C_s)} dC = \frac{Q}{V} \int_0^t dt$$

$$-(\ln(1000) - \ln(2040)) = \frac{Q}{V} t$$

$$t = 4,35h$$

Así pues, se podría tener un pico de 2500 mg/l de DQO durante un tiempo de 4 horas, que la balsa preparada para diluir este pico y por tanto no llegaría a la concentración máxima por legislación tras transcurrido este tiempo.

Por si se llegará a sobrepasar la legislación, se pararía el proceso para ver qué problema provoca el aumento de DQO en la salida y gracias a la aireación natural se conseguiría rebajar esta concentración hasta el límite permitido.

Coste del tratamiento externo de la corriente con crotonaldehído y cloroacetaldehído (37).

En este apartado se recoge un presupuesto aproximado a partir de los datos obtenidos por el comercial Marc Canals trabajador de la empresa ECOIMSA.SA.

Sabiendo que cada tonelada de producto a tratar tiene un coste aproximado de 200 euros y cada camión cisterna (de 30 m³) que recoja el producto también tiene un coste aproximado de 200 euros. Además se deben añadir 100 euros anuales para la gestión de la documentación necesaria y obligatoria para el tratamiento de residuos.

Tabla 6.3.11: Caudal a gestionar externamente.

Gestión externa				Camiones (año)
Q (m ³ /h)	5,01	Q (m ³ /año)	43.262,55	1.442
Q (Kg/h)	5.000	Q (ton/año)	43.200	--

Tabla 6.3.12: Costes para la gestión externa.

Coste de los camiones (euros)	Coste tratamiento externo	Total (euros/año)	Millones de euros año
288.417	8640000	8.928.517	8,93

Una vez realizada la evaluación económica del tratamiento externo de uno de nuestros corrientes de salida (37), ya se puede asegurar que la primera opción de tratamiento de residuos no es viable, ya que el coste de este subproducto o residuo, hace no rentable la producción de acetaldehído. Además se añade el coste del parque de tanques de crotonaldehído, que en este caso se trata de 6 tanques de 100 m³ con un coste aproximado de 202.034,2 euros.

6.3.2.2. Segunda opción

Para una mejora de la primera opción, se planteó que en la salida lateral (40), dónde hay el residuo líquido no biodegradable mediante eliminación biológica de materia orgánica, se concentrarán los compuestos tóxicos para el tratamiento biológico (crotonaldehído y cloroacetaldehído) mediante una columna de destilación (CD-402) de la cual se obtendrán dos nuevas corrientes, la corriente (41) de cabezas y la (42) de colas. Su composición se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 6.3.13: Características de los corrientes a tratar.

Corriente	41	42
Temperatura (°C)	58,42	45
Presión (atm)	1,00	1,00
Densidad (Kg/m ³)	957,36	947,90
Estado físico	L	L
Etileno	0,00	0,00
Oxígeno	0,00	0,00
Acetaldehído	35,62	0,00
Agua	48,90	4.608,49
Ácido acético	0,04	2,14
Crotonaldehído	62,94	0,00
Cloruro de metilo	0,00	0,00
Cloroacetaldehído	241,89	0,00
CO ₂	0,00	0,00
Total (kg/h)	389,39	4610,63

Con la tabla anterior se observa perfectamente que los tóxicos se concentran en el corriente 41. Por lo tanto, la corriente 42 pueda ser tratada ya que se ha conseguido separar del tóxico y de los compuestos clorados. Ahora ésta puede ser mezclada con la corriente 33 (salida de colas de la primera columna (CD-401)), obteniendo la corriente 43. Esta nueva corriente se puede tratar biológicamente mediante la estación de depuración de aguas.

Diseño de la estación depuradora de aguas residuales para el tratamiento de residuos líquidos.

Esta se realiza de la misma forma que en el apartado anterior. Simplemente se ha de tener en cuenta que ahora el caudal y la concentración de materia orgánica son ligeramente superiores. Estos valores se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6.3.14: Características del corriente a tratar 43.

Corriente a tratar 43	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica	Concentración (mg/l)	DQO (mg/l)	Concentración Cl ⁻ (mg/l)
Etileno	0,00	0,00	0,00	0,00	--
Oxígeno	0,00	0,00	0,00	--	--
Acetaldehído	0,00	0,00	0,00	0,00	--
Agua	69885,33	0,9996	997574,22	--	--
ácido acético	30,35	0,0004	433,28	462,17	--
crotonaldehído	0,03	0,00	0,44	1,01	--
cloruro de metilo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
cloroacetaldehído	0,00	0,00	0,05	0,04	0,02
CO ₂	0,00	0,00	0,00	--	--
Total	69915,72	1,00	--	463,22	0,02
Caudal volumétrico (m³/h)	70,06				

Observando los resultados obtenidos se puede decir al igual que en el caso anterior, que el agua a tratar tiene unas características perfectas para su tratamiento. En este caso, la concentración de los compuestos inhibidores del proceso biológico es muy pequeña y la demanda química de oxígeno está por debajo de la legislación. En consecuencia, por legislación no haría falta ni el diseño de una estación depuradora, pero se diseñara una balsa aireada para evitar posibles picos de materia orgánica que podrían hacer que la DQO fuera superior a la máxima posible por legislación y eso podría acarrear una sanción económica.

Diseño de la balsa para la disolución de posibles picos de DQO.

Al igual que en la primera opción, se plantea el diseño de una balsa aireada para evitar sobrepasar los límites de vertido de DQO.

Suponiendo que en condiciones de operación normal de la planta, se ha diseñado una balsa con un tiempo de residencia aproximado de 6 h. Para la posible transformación de esta en un reactor aerobio en caso de ser necesario más adelante.

Así pues, si suponemos que por cualquier problema en el proceso de producción se produjera un pico de DQO de 2500mg/l debemos estar seguros que no sobrepasaremos la legislación durante el tiempo calculado a continuación:

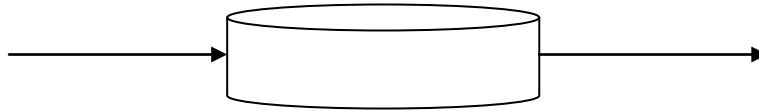


Figura 6.3.3 Balsa aireada.

$Q_e=70\text{m}^3/\text{h}$; $C_e=2500\text{mg/l}$; $Q_s=70\text{m}^3/\text{h}$; $C_s<1500\text{mg/l}$; $V=450\text{m}^3$; $C_o=465\text{mg/l}$

$$E - S = A$$

$$Q(C_e - C_s) = V \frac{dC}{dt} + C \frac{dV}{dt} \text{ Sabiendo que el volumen es constante;}$$

$$\int_{465}^{1500} \frac{1}{(2500 - C_s)} dC = \frac{Q}{V} \int_0^t dt$$

$$-(\ln(1000) - \ln(2035)) = \frac{Q}{V} t$$

$$t = 4,57h$$

Así pues, se podría tener un pico de 2500 mg/l de DQO durante más de 4 horas, que la balsa está preparada para diluir este pico sin llegar a la concentración máxima.

Del mismo modo que en la primera opción, si se llegara sobrepasar la legislación, se pararía el proceso para ver qué problema provoca el aumento de DQO en la salida y gracias a la aireación natural se conseguiría rebajar esta concentración hasta el límite permitido.

Coste del tratamiento externo de la corriente con crotonaldehído y cloroacetaldehído (41).

Se realiza un estudio económico considerando los parámetros comentados en el apartado anterior para poder estudiar la viabilidad del proceso, en función de los costes de tratamiento de residuos mediante un gestor externo.

Tabla 6.3.15: Caudal a gestionar externamente.

Gestión externa				Camiones (año)
Q (m ³ /h)	0,4	Q (m ³ /año)	3.456	115,2
Q (Kg/h)	389,39	Q (ton/año)	3.364,3	--

Tabla 6.3.16: Costes para la gestión externa.

Coste de los camiones (euros)	Coste tratamiento externo	Total (euros/año)	Millones de euros año
23.040	672.865,92	696.005,92	0,696

Una vez realizada la evaluación económica del tratamiento externo de nuestro corriente de salida con compuestos tóxicos (41), ya se puede asegurar que la segunda opción de tratamiento de residuos es viable, ya que el coste de este subproducto o residuo, mantiene rentable la producción de acetaldehído. Además, si se compara con la primera opción, al ser un caudal menor, el parque de tanques del crotonaldehído es menor. Tenemos 2 tanques de 30 m³, con un coste aproximado de 54.201 euros, este hace que también se nos reduzca el coste de almacenamiento mientras no lo recogen. En este caso se debe tener en cuenta que se añadió una columna de destilación con un coste aproximado de 897.804 euros, aunque la inversión inicial sea ligeramente superior, en este caso el tratamiento externo sale mucho más económico.

Una vez estudiadas las diferentes opciones propuestas para el tratamiento de crotonaldehído, se elegiría esta opción como válida para poder empezar la producción de acetaldehído. Aunque se propone una tercera opción que consta de un tipo de tratamiento que se podría aplicar a nuestras corrientes contaminadas, pero no se sabe seguro si funcionarían, así que se propone la contratación de una planta piloto, para asegurar que se conseguiría transformar el

crotonaldehído en un compuesto biodegradable en una corriente con una presencia de iones cloruros muy elevada.

6.3.2.3. Tercera opción

Tratamiento del crotonaldehído y del cloruro de metilo de la salida lateral mediante proceso de oxidación avanzada también conocido como fenton. A continuación, se muestran las características de este proceso:

- Permite tratar una gran variedad de contaminantes orgánicos, incluso tóxicos o refractarios a la oxidación biológica.
- Su rendimiento y coste de operación es proporcional a la carga a eliminar, y configurable por el usuario.
- Es un proceso fiable y robusto, que puede trabajar en continuo o por lotes, y permitiendo oscilaciones en el caudal o en la composición del efluente tratado.

Para poder diseñar este proceso primero se debe caracterizar la corriente a tratar.

Como ya se explico en la primera opción se calcula la DQO y la concentración de iones cloruro. Estos parámetros son necesarios para poder diseñar el tratamiento. En las siguientes tablas se muestran los resultados para la corriente (37) de la salida lateral de la columna (CD-401), y también la de la corriente (41) de cabezas de la columna (CD-402). Se da por buena la solución propuesta en la primera opción para la corriente 33, una balsa de seguridad para posibles picos de DQO superiores a la legislación.

Tabla 6.3.17: Características del corriente a tratar 37.

Corriente Crotonaldehído 37	Caudal másico (kg/h)	Fracción másica %	Concentración (mg/l)	DQO (mg/l)	concentración Cl- (mg/l)
Etileno	0,00	0,00	5,69E-25	0,00	--
Oxígeno	0,00	0,00	2,44E-33	--	--
Acetaldehído	35,62	0,71	7113,29	12933,26	--
Agua	4657,39	93,15	930131,50	--	--
ácido acético	2,18	0,04	435,56	464,60	--
crotonaldehído	62,95	1,26	12570,92	28733,53	--
cloruro de metilo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
cloroacetaldehído	241,89	4,84	48307,65	39384,58	21846,14
CO ₂	0,00	0,00	1,01E-25	--	--
Total	5000,02	100	---	81515,97	21846,14
Caudal volumétrico (m3/h)	5,01				

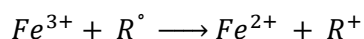
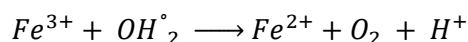
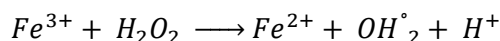
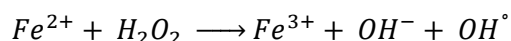
Tabla 6.3.18: Características del corriente a tratar 41.

Corriente Crotonaldehído 41	Cabal másico (kg/h)	Fracción másica %	Concentración (mg/l)	DQO (mg/l)	Concentración Cl- (mg/l)
Etileno	0,00	0,00	2,09E-25	7,18E-25	--
Oxígeno	0,00	0,00	9,00E-34	--	--
Acetaldehído	35,62	9,15	91938,66	167161,19	--
Agua	48,90	12,56	126226,28	--	--
ácido acético	0,04	0,01	103,85	110,77	--
crotonaldehído	62,95	16,16	162476,05	371373,83	--
cloruro de metilo	0,00	0,00	0,04	0,04	0,03
cloroacetaldehído	241,89	62,12	624371,59	509041,81	282359,13
CO ₂	0,00	0,00	3,73E-26	--	--
Total	389,39	100,00	--	1047687,64	282359,16
Caudal volumétrico (m3/h)	0,39				

Lógicamente se escoge la corriente de la salida lateral, ya que si se hace un tratamiento in situ, no es necesario concentrar esta corriente mediante una columna de destilación.

Teniendo en cuenta que el proceso de oxidación avanzada (Fenton) genera radicales hidroxilos a partir de sulfato ferroso y peróxido de agua, y que este normalmente opera a presión y temperatura atmosférica, y además para obtener las condiciones óptimas de operación el fenton se lleva a cabo en un medio ácido (pH = 2-4). Se propone el estudio de la eficacia de este para el tratamiento de la salida de residuos líquidos no biodegradables.

Las reacciones principales del proceso fenton son las siguientes:



Se propone hacer planta piloto de fenton para asegurar su funcionamiento correcto. Se encontraron relaciones de consumo de reactivos y porcentaje de eliminación. Estos se muestran a continuación:

$$[H_2O_2] = 1 \times [DQO]_0$$

$$[Fe^{2+}] = 0,1 \times [DQO]_0$$

Con estas relaciones calculamos las cantidades de H_2O_2 y de Fe^{2+} que se deben añadir:

$$\begin{aligned} 81515,97 \frac{mg O_2}{m^3} \times \frac{1 \frac{mg H_2O_2}{m^3}}{1 \frac{mg O_2}{m^3}} \times \frac{5,01 m^3}{1 h} \times \frac{1 dm^3 H_2O_2}{1,1E6 mg H_2O_2} \times \frac{1 dm^3 de disol H_2O_2}{0,33 dm^3 H_2O_2} \\ = 1,25 \frac{dm^3 de disol H_2O_2}{h} \end{aligned}$$

El coste principal (75%) del proceso oxidación avanzada se debe al coste del agua oxigenada. Proponiendo un precio estimado de 15 euros los 5 litros de peróxido de hidrogeno (presupuesto obtenido por la empresa Químics Dalmau S.A.), se estima que el 75% del coste de operación sería de unos 30.000 euros anuales.

Cantidad de sulfato ferroso necesario por litro de agua residual.

$$[Fe^{2+}] = 0,1 \times [DQO]_0 = 0,1 \times \frac{81515,97 mg DQO}{l} = 8151,6 mg Fe^{2+} / l$$

A continuación se muestra el esquema de la instalación aplicar si se trata el caudal de la corriente de la salida lateral de la columna de destilación (CD-401) mediante el proceso fenton.

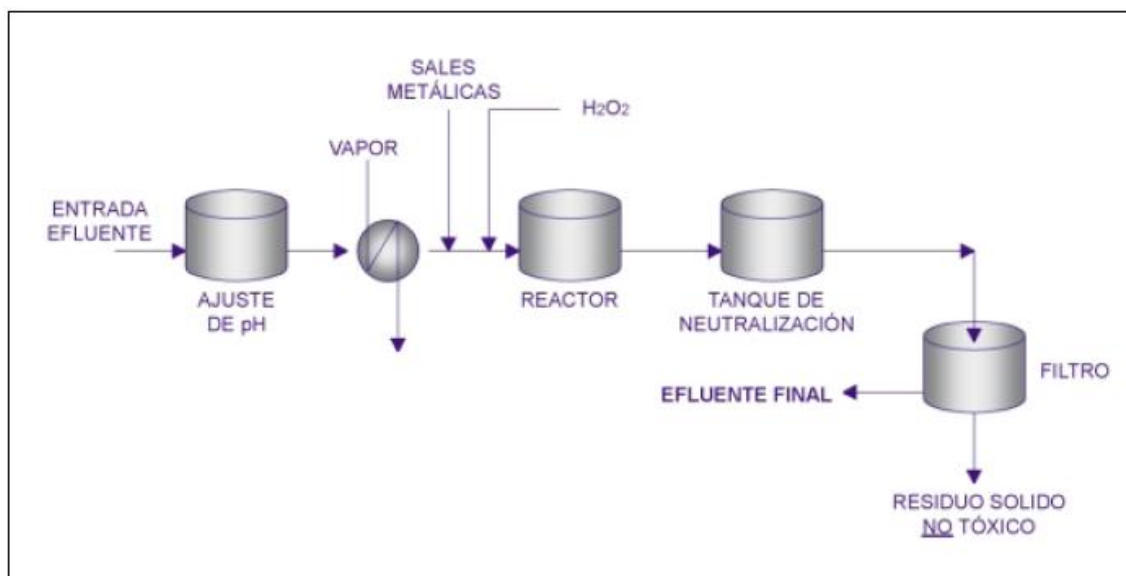


Figura 6.3.4. Esquema del proceso fenton con sus etapas e equipos.

Por último, se calcula el volumen del reactor para llevar a cabo el proceso de oxidación del crotonaldehído y del cloroacetaldehído. Sabiendo que el tiempo de residencia de un reactor donde se produce una oxidación avanzada mediante el proceso fenton tiene una duración aproximada de 2 horas:

$$Q_{total} = Q_{tratar} + Q_{H_2O_2} = 5,01 + 0,001 = 5,011 \text{ m}^3$$

$$V(\text{m}^3) = \tau(h) \times Q \left(\frac{\text{m}^3}{h} \right) = 2 \times 5,011 = 10 \text{ m}^3$$

Finalmente, después de ver que probablemente el fenton sea una buena opción para un tratamiento del crotonaldehído, se observa que la gran cantidad de iones cloruros en solución podrían provocar la formación del cloruro férrico (Fe-Cl), hecho que provocaría la inhibición del proceso. Así pues, se recomienda contratar una empresa que nos pueda realizar un seguido de pruebas en una planta piloto, con nuestro residuo de salida. Así lo que conseguiríamos es asegurar que no se haría una inversión para este tratamiento sin poder confiar en su total y buen funcionamiento. La formación de este complejo se ha estudiado en otros casos donde el producto a degradar no era el crotonaldehído y el cloroacetaldehído sino que degradaba anilina. En ese caso, se estableció una relación máxima de iones cloruro sobre los iones de hierro presentes en el proceso:

$$\frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{Fe}^{2+}]} \leq 200$$

Se comprueba para este caso de estudio que se trabaja por encima de ese valor:

$$\frac{[\text{Cl}^-]}{[\text{Fe}^{2+}]} = \frac{21.846,14}{8.643,9 \text{ mg Fe}^{2+}/\text{l}} = 2,53 \leq 200$$

Por lo tanto, se concluye que este caso también se produciría inhibición del proceso de producción de radicales hidroxilo, y en consecuencia una inhibición de la degradación producida mediante el proceso fenton. Así que como ya se ha comentado se propone contratar una empresa externa para evaluar la posibilidad de degradar los compuestos clorados y el crotonaldehído mediante el proceso de oxidación avanzada fenton.

6.4. Tratamiento de otros residuos generados en la producción de acetaldehído.

Entre los otros residuos generados en la planta de producción de acetaldehído, se encuentran mayoritariamente los residuos sólidos.

Entre los residuos sólidos generados en la planta se pueden diferenciar entre residuos de oficina y de desechos de equipos de proceso.

Así que se planta una recogida selectiva para los distintos residuos sólidos generados en la planta de producción de acetaldehído.

Se clasifican los siguientes residuos sólidos, según su contenedor de recogida.

Papel y cartón, (azul).

Vidrio (verde).

Materia orgánica, (marrón).

Plásticos y envases, (amarillo).



6.5. Estudio del impacto ambiental.

La legislación estatal que regula el tipo de instalaciones que deben someterse a una evaluación de impacto ambiental y los procedimientos a seguir es la Ley 6/2010, de 24 de marzo, por la cual se modifica el texto refundido de la ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por R.D.L. 1/2008 de 11 de enero.

La legislación a aplicar en Cataluña es:

- Decret 114/1988, de 7 de abril, de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Decret 136/1999, de 18 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento general de despliegue de la Ley 3/1998, de 27 de febrero, de la intervención integral de la Administración ambiental.
- Orden de 21 de mayo de 1998, de creación de la Comisión Mixta que prevé la Ley 3/1998. Publicada en el DOGC 2659 de fecha 15.06.1998.

Si se consulta la legislación expuesta anteriormente, nuestra planta requiere una Evaluación del Impacto Ambiental, ya que se encuentra en el grupo de *“instalaciones químicas integradas”*.

Según el anexo 1 del R.D.L. 1/2008 se clasifica la instalación dentro el grupo 5 clase A correspondiente a la industria química, petroquímica, textil y papelera.

Para realizar el Estudio de Impacto Ambiental de nuestra planta hay que seguir el siguiente esquema:

- Descripción del funcionamiento de la planta
- Características de la instalación
- Ubicación de la instalación
- Análisis de las alternativas del proceso
- Identificación de impactos

Los cuatro primeros puntos de la evaluación ya han sido tratados en la introducción de la memoria del proyecto. Así pues en este capítulo únicamente trataremos el último punto, que además es el más relacionado con el medio ambiente.

6.5.1 Identificación y minimización de impactos.

Para identificar los impactos sobre el medio ambiente que tiene la instalación de la planta de ácido acético es necesario construir unas matrices conocidas como “*matrices de impacto*”. Estas matrices nos ayudan a predecir el impacto ambiental que causan una serie de acciones relacionadas con la planta sobre diferentes factores medioambientales.

Estos factores son:

- Aguas superficiales
- Aguas subterráneas
- Suelo
- Aire
- Flora y fauna
- Paisaje
- Salud humana
- Nivel sonoro
- Sistema socio-económico

Y las acciones que causan impacto:

- a) Acondicionamiento del terreno
- b) Construcción de los edificios y pavimentación
- c) Instalación de los equipos
- d) Impacto visual
- e) Ruido
- f) Contaminación del agua
- g) Circulación de vehículos
- h) Creación de empleo
- i) Opinión pública
- j) Consumo energético
- k) Modificación del hábitat
- l) Producción de acetaldehído
- m) Producción de residuos sólidos
- n) Producción de efluentes gaseosos
- o) Producción de efluentes líquidos

p) Pérdida de lugares de trabajo

La matriz relaciona las acciones con los factores medioambientales a los que causan impacto.

Únicamente realizaremos la matriz para evaluar el impacto una vez la planta está en funcionamiento. Los resultados son:

Tabla 6.5.1. Resultados de la evaluación del impacto ambiental.

Acciones	Factores medioambientales															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Aguas superficiales						X									X	
Aguas subterráneas																
Aire														X		
Suelo				X			X						X			
Flora y fauna				X							X					
Paisaje				X							X		X			
Salud humana					X	X										
Nivel sonoro					X		X									
Nivel socio-económico								X	X	X		X				

Estos resultados son cualitativos. Para ver exactamente que es lo que más impacta en el ambiente y poder actuar para corregirlo, se utiliza la “matriz de importancia”.

La matriz de importancia se construye a partir de la de impacto, la diferencia es que en ésta aparece la importancia del impacto que se expresa con un número.

Éste se obtiene de utilizar la siguiente ecuación:

$$\text{Importancia (IMP)} = \pm (3 I + 2 EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR)$$

La importancia tendrá un valor + o – dependiendo de la naturaleza del impacto:

- Naturaleza del impacto (N)

Impacto beneficioso +

Impacto negativo -

Impacto dudoso X

Los demás componentes de la ecuación reciben un valor dependiendo del grado de impacto que causan. A continuación se explica la simbología que se sigue y los valores que comprenden:

- Intensidad del impacto (I) o grado de destrucción:

Baja	1
Mediana	2
Alta	4
Muy alta	8

- Extensión del impacto (EX) o área de influencia del impacto

Puntual	1
Parcial	2
Extenso	4
Total	8

- Momento (MO) en que se manifiesta el impacto

Largo plazo	1
Medio plazo	2
Inmediato	4

- Persistencia o permanencia del efecto

Fugaz	1
Temporal	2
Permanente	4
Corto plazo	1
Irreversible	4

- Reversibilidad (RV)

Corto plazo	1
Medio plazo	2
Irreversible	4

- Sinergia (SI) o regularidad de la manifestación

No sinérgico	1
Sinérgico	2
Muy sinérgico	4

- Acumulación (AC)

Simple	1
Acumulativo	4

- Efecto (EF), relación causa-efecto

Indirecto	1
Directo	2

- Periodicidad (PR), regularidad de la manifestación

Irregular	1
Periódico	2
Continuo	4

La siguiente matriz es la matriz de importancia que se ha obtenido de aplicar la metodología anterior a nuestra planta:

Tabla 6.5.2. Resultados matriz de importancia.

Acciones	Factores medioambientales										
	N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	TOTAL
Aguas superficiales	-	2	2	2	2	4	4	1	2	4	-29
Aguas subterráneas	-										0
Aire	-	2	2	2	2	4	4	1	2	4	-29
Suelo	-	4	2	4	4	2	4	1	2	4	-37
Flora y fauna	-	4	4	2	4	2	4	1	2	4	-39
Paisaje	-	8	2	4	4	2	4	1	2	4	-49
Salud humana	-	1	2	2	2	2	2	1	1	2	-19
Nivel sonoro	-	2	1	1	2	1	2	1	2	2	-19
Nivel socio-económico	+	4	4	4	4	1	4	4	2	4	43

Como se puede observar, el suelo, la atmósfera y el paisaje son los más perjudicados por el funcionamiento de la planta, pero no son los únicos.

A continuación se analizan los resultados más destacados y se plantean modos de minimizar estos impactos:

- *Paisaje*: Es inevitable el impacto que una planta de estas características produce en él. Una manera de mitigar este efecto, al menos en los trabajadores, es crear zonas ajardinadas en el exterior de la planta. De este modo se rebaja este impacto visual.

- *Aire*: Tal y como se ha explicado anteriormente, antes de expulsar los gases producidos a la atmósfera se oxidan para evitar la contaminación atmosférica. De todas formas, se puede plantear utilizar un medio de oxidación que logre reducir aún más las emisiones a la atmósfera.
- *Suelo*: Es prácticamente imposible que nuestra instalación no afecte a este medio. Puede plantearse otra localización de la planta, pero ésta no solucionaría el problema.

- *Nivel socio-económico*: La planta afecta positivamente al nivel socioeconómico. Da trabajo a personas de la zona y esto provoca que sea aceptada por gran parte de la sociedad.

7.- Evaluación económica

7. Evaluación económica

7.1. Introducción.....	1
-------------------------------	----------

7.2. Valoración económica de la planta: estimación de la inversión inicial.....	1
--	----------

7.2.1. Estimación del capital inmovilizado.....	2
---	---

7.2.2. Estimación del capital circulante.....	12
---	----

7.2.3. Estudio de la rentabilidad de la planta. Cálculo del flujo neto de caja (NCF).....	17
---	----

7. Evaluación económica

7.1. Introducción

La evaluación económica del proyecto es un apartado muy importante que permite valorar la viabilidad de poner en marcha una planta con estas características. Para llevar a cabo este análisis es necesario determinar la inversión inicial, los costes de producción y los ingresos por ventas.

Se estudiará la rentabilidad suponiendo que la vida útil de la planta es de 15 años y que toda la producción de acetaldehído tiene salida en el mercado.

7.2. Valoración económica de la planta: estimación de la inversión inicial

La inversión inicial es todo desembolso de recursos financieros para adquirir bienes concretos durables o instrumentos de producción, denominados bienes de equipo, y que la empresa utilizará durante varios años para cumplir su objeto social.

En primer lugar, es importante saber que las distintas inversiones en el proyecto se reúnen en tres grandes grupos:

- Inversiones fijas: coste del terreno, preparación y acondicionamiento del emplazamiento, valor de los edificios y obras de ingeniería civil
- Gastos de capital previos a la producción, capital inmovilizado (inversiones amortizables): destinado a la adquisición de medios transformadores tales como maquinaria, equipos, etc
- Capital de trabajo, también llamado activo circulante, destinado a la actividad diaria de la planta: salarios, coste de materias primeras, etc

Para estimar la inversión inicial existen diferentes métodos basados en el valor del capital inmovilizado:

- Métodos globales (error entre el 50 y el 100%)
- Métodos de factor único (error entre el 20 y el 50%)
- Métodos de factores múltiples (error entre el 10 y el 20%).

Se elige utilizar el método de factores múltiples ya que tiene mayor fiabilidad.

7.2.1. Estimación del capital inmovilizado

Se aplicará el método del VIAN que consiste en la estimación del coste de la maquinaria y equipos en función de los materiales.

- **Coste de equipos**

Se estima un precio aproximado utilizando el método de Happel ya que no se dispone del precio comercial de la mayoría de equipos. Las expresiones utilizadas por este método corresponden al año 1970 y el resultado es en dólares, por tanto, el precio deberá ser actualizado, para esto se utiliza el índice de precios de Marshall & Swift (M&S) para plantas de proceso, y posteriormente se hará la conversión a euros.

La cotización actual del euro es de: 1€ equivale a 0,83545\$

Tanques de almacenamiento

Se determina el coste de compra en función de su capacidad en galones, según la ecuación:

$$\text{Coste de compra} = 1250 \cdot (\text{Volumen} \cdot 10^{-3})^{0.6}$$

Tabla 7.2.1.1 Coste tanques almacenamiento

Ítem	Cantidad	Volumen (m ³)	Coste (€)
T-501/512	12	104	659616,07
T-101/104	4	297	536472,16
T-601/602	2	32	54201,33

⁽¹⁾ Tanques criogénicos de almacenamiento de etileno, se ha calculado como un tanque de almacenaje de acero inoxidable y se le ha aplicado un 30% más.

Tanques de proceso

Pueden utilizarse con o sin agitación. A la hora de calcular el coste de estos tanques se determina el precio del recipiente sin agitación y el precio del agitador, la suma de ambos dará el precio total del equipo.

Las correlaciones utilizadas son las siguientes:

$$\text{Coste compra recipiente} = 15 \cdot (\text{Volumen})^{0.82}$$

$$\text{Coste agitador} = 2000 \cdot (\text{Hp})^{0.56}$$

Donde Hp es la potencia del agitador en CV.

Tabla 7.2.1.2 Coste tanques de mezcla, disolución y pulmón

Equipo	Cantidad	Material	Volumen (m ³)	Coste (€)
TM-201	1	AISI 304	34,12	600810,66
TM-301/302	2	AISI 304	56,87	1826856,65
TM-401	1	Acero al carbono	34,12	158108,07
TD-201	1	AISI 304	48,9	807055,67
T-301/T-302	1/1	AISI 304	68,24	2121349,47

Tabla 7.2.1.3 Coste de agitadores

Equipo	Cantidad	Material	Potencia (KW)	Coste (€)
Agitador del TM-201	1	AISI 304	34,28	103538,72
Agitador del TM-301/302	2	AISI 304	61,15	286346,54
Agitador del TD-201	1	AISI 317L	263,22	324233,96

Separadores de fase

Se estiman como recipientes de proceso y se utiliza la misma correlación que en el caso de tanques de proceso.

Tabla 7.2.1.4 Coste de separadores de fase

Equipo	Nº	Material	Volumen (m ³)	Coste (€)
S-201	1	AISI 317L	13,39	279016,77
S-201	1	AISI 316L	9,37	208207,66
S-203	1	AISI 316L	11,1	239240,70

Reactores

Se aproxima su coste a un recipiente de proceso de acero vitrificado, pudiéndose utilizar así la siguiente correlación:

$$\text{Coste compra} = 660 \cdot (\text{Volumen})^{0,5}$$

Tabla 7.2.1.5 Coste reactor proceso y reactor de oxidación catalítica

Equipo	Cantidad	Material	Volumen (m³)	Coste (€)
R-201	1	AISI 317L	142	769979,65
RC-801	1	AISI 317L	13	272335,20

Columnas

A diferencia que en los equipos anteriores es difícil determinar el coste de la columna mediante una ecuación sencilla. En este caso se estimará el coste utilizando los precios tabulados de diferentes columnas y aplicando la regla de Williams para encontrar un valor más aproximado en función del número de platos y distancia entre platos.

Es preciso destacar que el coste tabulado de las columnas es específico para columnas de acero al carbono con platos perforados que trabajan a presión atmosférica, en un rango de temperaturas entre 70°F y 300°F.

Tabla 7.2.1.6 Coste columna absorción, destilación, desabsorción y adsorción

Equipo	Cantidad	Nº etapas	Material	Coste (€)
AB-201	1	8	AISI 316	56138,78
CD-401	1	22	AISI 316	127444,73
CD-402	1	14	AISI 316	113541,78
DA-401	1	24	AISI 316	132456,19
AD-801/802	2	-	AISI 317L	274670,41

A continuación, se calcula el valor del relleno teniendo en cuenta el volumen que ocupa en la columna:

Tabla 7.2.1.7 Coste de relleno columnas

Relleno columna	Volumen (m ³)	Coste (€)
Anillos Pall AB-201	12	66753,58
Anillos Pall DA-401	50,4	279295,10
Catalizador carbono activo impregnado con NaOH AD-801/802	5	27799,90

Intercambiadores de calor con y sin cambio de fase

Para determinar el coste se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Coste de compra} = 105 \cdot (A)^{0,62}$$

Donde A es el área de intercambio del equipo.

Tabla 7.2.1.8 Coste kettle, condensadores, intercambiadores carcasa y tubos sin cambio de fase

Equipo	Nº	Área (m ²)	Material	Coste (€)
CA-401	1	256,95	AISI 304	86093,97
CA-402	1	14,36	AISI 304	14398,01
CN-201	1	74,8	AISI 304	40057,66
CN-202	1	170,1	AISI 304	66665,83
CN-401	1	817,62	AISI 304	176460,91
CN-402	1	54,65	AISI 304	32974,10
I-301	1	370,9	AISI 304	108095,10
I-401	1	303	AISI 304	95358,85
I-402	1	118,23	AISI 304	53205,65
I-403	1	203	AISI 304	74389,93
RG-201	1	8,38	AISI 317L	10310,46

Compresor

Su coste se estima en función de la potencia (CV):

$$\text{Coste de compra} = 645 \cdot (\text{Hp})^{0,8}$$

Tabla 7.2.1.9 Coste compresor

Equipo	Nº	Potencia (KW)	Coste (€)
CO-201	2	68,50	82086,16297

Ventilador

Su coste se estima con la siguiente correlación:

$$\text{Coste de compra} = 6,7 \cdot (\text{pie}^3/\text{min})^{0,68}$$

Tabla 7.2.1.10 Coste ventilador

Equipo	Nº	Caudal (pie ³ /min)	Coste (€)
V-801	2	14	485,65

Torres de refrigeración

En este apartado se incluye el coste de la torre de refrigeración y de las calderas de servicios.

El coste de la torre de refrigeración se determina siguiendo el método Happel y depende del caudal de agua que trata:

$$\text{Coste de compra} = 476 \cdot (\text{Caudal})^{0,6}$$

Tabla 7.2.1.11 Coste torres de refrigeración

Equipo	Nº	Caudal (litros/min)	Coste (€)
TR-901/902/903	3	19608,67	485350,81

Estimación de equipos por la regla de Williams

La regla de Williams permite calcular de manera aproximada el coste de un equipo a partir de otro de coste conocido, mediante una ecuación que relaciona magnitudes características de cada equipo:

$$C2 = C1 \cdot \left(\frac{HP2}{HP1} \right)^n$$

Donde:

C2: Coste del equipo desconocido (€)

C1: Coste del equipo de referencia (€)

HP2: magnitud característica del equipo desconocido

HP1: magnitud característica del equipo conocido

n: varia de 0,37 a 0,63 a medida que el tamaño aumenta

Bombas

Se estimará a partir de los valores de la siguiente tabla:

Tabla 7.2.1.12 Estimación del coste de bombas

Bomba	Potencia del motor (HP)	Cost (\$ any 1970
Pequeña	1	600
Mediana	10	1400
Grande	100	6000

Tabla 7.2.1.13 Coste bombas

Equipo	Nº	Potencia (KW)	Coste (€)
P-201A/B	2	4,08	15010,86
P-202A/B	2	2,04	10468,15
P-203A/B	2	0,82	6500,41
P-204A/B	2	4,08	15010,86
P-205A/B	2	4,08	15010,86
P-301A/B	2	4,08	15010,86
P-302A/B	2	4,08	15010,86
P-401A/B	2	7,47	20572,69
P-402A/B	2	13,32	27780,49
P-403A/B	2	10,19	24173,21
Equipo	Nº	Potencia (KW)	Coste (€)
P-404A/B	2	20,39	34663,30

P-405A/B	2	2,04	10468,15
P-406A/B	2	0,82	6500,41
P-407A/B	2	1,49	8908,95
P-408A/B	2	2,17	10825,42
P-409A/B	2	2,99	12775,04
P-410A/B	2	7,47	20572,69

Calderas de vapor

Se sabe que una caldera de 5 Tn/h tiene un coste de 60000€ y aplicando la regla de Williams se calcula el coste de las calderas de las que dispondrá la planta. El modelo seleccionado para la planta es de 12 Tn/h de la casa Vissmann.

Tabla 7.2.1.14 Coste caldera servicios

Equipo	Nº	Caudal (Tn/h)	Coste (€)
CV-901/905	5	12	459479,34

Grupo de frío

Se conoce que el coste de un Chiller que produce 500 KW es de 75000 €, así aplicando la correlación se obtiene un coste global del grupo de 1042922,73€.

Tabla 7.2.1.15 Coste Chillers

Equipo	Nº	Potencia (KW)	Coste (€)
CH-901/921	21	1536	1042922,73

Tratamiento de residuos

En este apartado se incluye el coste de los principales equipos para el tratamiento de residuos generados en la producción, excepto los equipos que se consideraron anteriormente, el reactor de oxidación catalítica y las columnas de desadsorción.

Para el tratamiento de efluentes líquidos la planta dispondrá de una balsa aireada y su coste se imputa principalmente a obra civil, se estima en unos 100000€. Para el tratamiento de gases se adquirirá una antorcha valorada en 80000€.

El sumatorio del coste total de cada equipo (X) tiene un valor de 12992001,81€ (**13 Millones €**) para una línea de producción.

Una vez determinado el coste total de los equipos se procede a aplicar el método del Vian que se encuentra resumido en la siguiente tabla:

Tabla 7.2.1.16 Estimación del capital inmovilizado, método del Vian

TIPO DE INVERSIÓN	METODOLOGIA DE CÁLCULO
I1 Maquinaria y aparatos	X
I2 Costes de instalación de los equipos	$(0.35 - 0.5) \cdot X$
I3 tuberías y válvulas	$0.6 \cdot X$ (Líquidos)
I4 Instrumentación y sistemas de control	$(0.05 - 0.3) \cdot X$
I5 Aislamientos térmicos	$(0.03 - 0.1) \cdot X$
I6 Instalación eléctrica	$(0.1 - 0.2) \cdot X$
I7 Terrenos y edificios	$0.15 \cdot X$
I8 Instalaciones auxiliares	$(0.25 - 0.7) \cdot X$
Y Capital físico	Sumatori de I1-I8
I9 Honorarios de proyecto t dirección de montaje	$(0.2 - 0.3) \cdot Y$
Z Capital directo	Sumatori de Z i I9
I10 Contratación de obra	$(0.04 - 0.1) \cdot Z$
I11 Gastos no previstos	$(0.1 - 0.3) \cdot Z$

I1. Maquinaria y aparatos

Coste de todos los equipos que se encuentran en planta. Es el valor calculado anteriormente, 13 Millones de €.

I2. Coste instalación de los equipos

Para determinar el coste de instalación y de la mano de obra de los equipos se considera un 45% del valor de X.

I3. Tuberías y válvulas

El coste de las tuberías y válvulas depende del tipo de fluido que circula. Al ser la mayoría de los corrientes que circulan por la planta líquidos, el coste se estima como el 60% de I1.

I4. Instrumentación y sistemas de control

Este coste es función del grado de automatización de la planta, se estima que la planta tiene un grado de automatización medio. Así se estima el coste en un 20% de I1.

I5. Aislamiento térmico

La mayoría de la planta deberá estar aislada (tuberías, reactor,...), este coste se estima como un 7% de I1.

I6. Instalación eléctrica

Este coste considera tanto las necesidades de material eléctrico como de equipos relacionados: motores, conductores, equipos de arranque y subestaciones transformadoras. Se ha elegido el valor medio del 15% de I1 para su estimación.

I7. Terrenos y edificios

El valor depende del tipo de edificación e incluye la nivelación de los terrenos y la construcción de los edificios. Si son instalaciones internas el valor es del 20% de I1, si son exteriores el 5% y si son mixtas el 15%. Como la planta tendrá edificaciones mixtas se calcula como el 15% de I1.

I8. Instalaciones auxiliares

Las instalaciones auxiliares se refieren a aquellas destinadas para dotar de servicios a la planta (calderas, torres refrigeración, equipos de frío...). El rango típico de I8 es del 25-70% de I1. Se fija un valor del 40% de I1.

El sumatorio de las inversiones, I1 hasta I8 corresponde al llamado capital físico o primario y se representa con la letra (Y):

$$Y = I1 + I2 + I3 + I4 + I5 + I6 + I7 + I8$$

I9. Honorarios del proyecto y dirección de montaje

Se calcula como un 20% del capital físico (Y).

La suma del capital físico más I9 da el valor del capital directo, representado por la letra Z.

I10. Contratación de obras

Su valor depende de la magnitud de la planta. Se estima como un 4% del capital directo.

I11. Gastos no previstos

Este coste incluye los gastos no previstos durante la construcción de la planta. Se estima como un 10% del capital directo.

El sumatorio de Y, de Z, I10 i I11 da el valor del capital inmovilizado que es equivalente a la inversión de la planta.

$$\text{Capital Inmovilizado} = Y + Z + I10 + I11$$

El resumen de las partidas anteriores se resume en la siguiente **tabla**:

Tabla 7.2.1.17 Resumen de partidas

Partida	TOTAL (€)
Maquinaria	12992001,81
Gastos instalación	5846400,82
Tuberías y válvulas	7795201,09
Instrumentos de medida y control	2598400,36
Aislamientos térmicos	909440,13
Instalación eléctrica	1948800,27
Terrenos y edificios	1948800,27
Instalaciones auxiliares	5196800,73
CALCULO Y	39235845,48
Honorarios del proyecto	7847169,10
CALCULO Z	47083014,58
Contratación de obras	1883320,58
Gastos no previstos	4708301,46
CAPITAL INMOVILIZADO (€)	53674636,62

Para determinar la inversión inicial también se ha de considerar el precio de la parcela, ubicada en el polígono “Metalls Pesant” de Castellbisbal. Se estima que el precio actual es 300 €/m², por tanto, si la parcela tiene una área de 70095 m² el precio total es de 21028500€ (21,03 Millones d’€). Este valor no se considera parte del inmovilizado debido a que al final de la actividad productiva se recupera su valor, esto hace que se considere como otro factor de inversión adicional.

Finalmente,

Inversión inicial=Capital inmovilizado +Precio de la parcela = 76805986,62 € (76,8 Millones €)

7.2.2 Estimación del capital circulante

Este capital es el necesita la empresa para comprar materias primeras, pagar sueldos de trabajadores y servicios entre otros. Este capital no puede ser utilizado por la empresa hasta el cierre de un ciclo de producción, es decir, hasta que no se vende todo el producto producido.

Existen diferentes métodos para estimar el valor del capital inmovilizado, en este caso se utiliza un método global fijando su valor estándar de 20% del capital inmovilizado.

Capital circulante = 0.2 · Capital inmovilizado = 10734927,32 € (10,7 Millones €)

Estimación de los costes de operación

Una vez calculada la inversión inicial de la planta, se estiman los costes de operación asociados a la producción de acetaldehído considerando el valor de los bienes y prestaciones utilizados.

- Costes de manufactura o producción (M)
 - Costes directos: imputados al producto, proceso o sección de la planta.
 - Costes indirectos: agravan el coste final del producto, pero no son imputables al proceso o producto.
 - Costes fijos: no dependen del ritmo de producción de la planta.
 - Costes variables: dependen del ritmo de producción. Se clasifican en:
 - Costes proporcionales a la producción
 - Costes regulados: no aumentan de manera proporcional con el volumen de producción. Se clasifican en:
 - Costes regresivos: aumentan con la producción por debajo de la proporcionalidad.
 - Costes progresivos: aumentan con la producción por encima de la proporcionalidad.

M1 Costes de la materia primera: es el coste del transporte, almacenaje y impuestos de los reactivos utilizados en la planta. También se incluyen el coste del catalizador utilizado en el reactor de proceso el R-201, en cambio no se ha podido encontrar el precio del carbón activo impregnado en NaOH utilizado en el tratamiento de gases.

Tabla 7.2.1.18 Coste de materias primeras

Recurso	Cantidad diaria (Kg)	Cantidad anual (Kg)	Cantidad anual (Tn)	Coste (€/anual)
oxígeno	81538,32	24461496	24461,496	6148679,35
etileno	138461,52	41538456	41538,456	69607802,26
catalizador CuCl(II)/CuCl/PdCl(II)		9939,59	9,94	97407,98

M2 Costes de mano de obra directa: es un coste variable. Se ha estimado su valor a partir de la plantilla de trabajadores de la que dispondrá la planta, véase la siguiente tabla.

Nº TRABAJADORES	SALARIO	COTIZACION SEGURIDAD SOCIAL	GASTO POR PERSONA/ MENSUAL	GASTO POR PERSONA/ANUAL	PLUSES/ VARIABLES	TOTAL GASTO ANUAL
AUX ADMINISTRATIVOS						
6	880€	327,80€	1.207,80€	14.493,60€		86.961,60€
PERSONAL LIMPIEZA						
2	820€	305,45	1.125,45€	13.505,40€		27.010,80€
INGENIEROS SUPERIORES						
5	2.703,83€	1.007,18€	3.711,01€	44.532,12	(NOCT + TURNOS) 11.457€	234.117,60€
CONTROL DE CALIDAD						
2	1.233,14€	459,34€	1.692,48	20.309,81€		40.619,63€
OPERARIOS ESPECIALIZADOS/ INGENIEROS TECNICOS						
2 (6-14H)L-V	1.428,57€	532,14€	1.960,71€	23.528,55€		47.057,10€
2(14-22H)L-V	1.428,57€	532,14€	1.960,71€	23.528,55€		47.057,10€
2(22-6H)L-V	1.728,57€	613,24€	2.341,81	28.101,72€		56.203,44€
2(6-18H)S-D	857,14€	351,21€	1.208,35€	14.500,20€		29.000,40€
2(18-6H)S-D	1.037,14€	424,96€	1.462,10€	17.545,20€		35.090,40€
OPERARIOS						
10 (6-14H)L-V	1.102,44€	451,71€	1.554,15€	18.649,87€		186.498,70€
10(14-22H)L-V	1.102,44€	451,71€	1.554,15€	18.649,87€		186.498,70€
10(22-6H)L-V	1.402,44€	520,10€	1.922,54€	23.070,48€		230.704,80€
10(6-18H)S-D	661,46€	245,30€	906,76€	10.881,19€		108.811,90€
10(18-6H)S-D	841,46€	312,05€	1.153,51€	13.842,16€		138.421,16€
PERSONAL SEGURIDAD						
2 (6-14H)L-V	1.169,91€	433,85€	1.603,76€	19.245,16€		38.490,32€
2(14-22H)L-V	1.169,91€	433,85€	1.603,76€	19.245,16€		38.490,32€
2(22-6H)L-V	1.489,91€	511,51€	2.001,42€	24.017,04€		48.034,08€
2(6-18H)S-D	701,94€	260,31€	962,25€	11.547€		23.094€
2(18-6H)S-D	893,95€	313,14€	1.207,29€	14.487,48€		28.974,96€
						1.631.137,01€

M3 Patentes: no se considera ningún coste ya que no se utilizan patentes en el proceso.

M4 Costes de mano de obra indirecta: comprende los costes de todo el personal que no realiza un trabajo asociados al proceso (supervisores, encargados, vigilantes...). No se sumará ningún valor ya que su coste ya se considera en la mano de obra directa.

M5 Servicios generales: imputable al coste de consumo de gas natural de las calderas, electricidad y agua de refrigeración.

Tabla 7.2.1.19 Gastos servicios

Servicio	Precio €	Consumo/h	Consumo/año	Total €/año
Agua de red (m ³ /h)	0,42	1411,704	4268992,896	1792977,02
Electricidad (KWh)	0,09	10790,47	6992224,56	629300,21
Gas natural (Nm ³)	0,05048	874,945	318004,0099	16052,84

En la tabla se observa como el consumo de electricidad es el más elevado es el del agua de red con un total de 1,8 Millones de € al año. Esto es debido a que para asegurar que la absorción del acetaldehído sea lo más completa posible hace falta usar grandes cantidades de agua.

M6 Suministros: se incluye el coste de los productos de adquisición regular que no es materia primera (lubricantes, material de higiene y seguridad, papel....). Se calcula como un intervalo entre el 0,2-1,5% del capital inmovilizado. Se escoge un valor mínimo de 0,2%.

$$\text{Coste suministros} \rightarrow 0,02 \cdot \text{Capital inmovilizado} = 1073492,73 \text{ €/año (1,1 M €/año)}$$

M7 Conservación: engloba los costes de fabricación derivado del mantenimiento. Estos hacen referencia a las revisiones anuales, la sustitución de piezas o reparaciones por posibles problemas. El rango típico de este coste es 5-7% del capital inmovilizado y se ha considerado un valor del 3 % del capital inmovilizado.

$$\text{Coste conservación} \rightarrow 0,03 \cdot \text{Capital inmovilizado} = 1610239,10 \text{ €/año (1,55 M €/año)}$$

M8 Laboratorio: El coste de fabricación derivado del laboratorio hace referencia a controles de calidad tanto del producto como de las materias primas. El rango típico de este coste es

5-25% de M2, se ha considerado un valor máximo del 25% de M2.

$$\text{Coste laboratorio} \rightarrow 0,1 \cdot M2 = 407784,25 \text{ € (0,41 M €/año)}$$

M9 Directivos y empleados: El coste de fabricación derivado de directivos y empleados hace referencia al salario del equipo directivo y técnico. No se sumará ningún valor ya que su valor se considero en el coste de M2.

M10 Tasas e Impuestos: el coste de fabricación derivado de tasas e impuestos hace referencia a pagos administrativos no atribuibles a beneficios. El rango típico de este coste es 0,5-1% del capital inmovilizado, se ha considerado un valor del 0,8% de I.

$$\text{Tasas e Impuestos} \rightarrow 0,008 \cdot \text{Capital inmovilizado} = 429397,10\text{€ (0,43 M €/año)}$$

M11 Seguros: es el coste asociado al hecho de asegurar tanto instalaciones como equipos y edificios de la planta, pero no a personas. Se ha considerado un valor de 0,1% del capital inmovilizado.

$$\text{Seguros} \rightarrow 0,01 \cdot \text{Capital inmovilizado} = 536746,37\text{€ (0,54 M €/año)}$$

La suma de los costes de operación asciende a **84,1 M €/ año** para una línea de producción

- Gastos generales

Son los gastos originados por la venta del producto. Se clasifican en:

G1 Gastos comerciales: incluye los técnicos de ventas, viajes, publicidad, marketing, etc

Se calcula como el 5% de M.

$$\text{Gastos comerciales} \rightarrow 0,05 \cdot \text{Gasto Manufactura total} = 4203921,21\text{€ (4,2 M €/año)}$$

G2 Gerencia: sin contar los costes de producción. Incluye los salarios de los gerentes y administración. Se calcula como el 5% de M.

$$\text{Gastos de gerencia y administración} \rightarrow 0,05 \cdot \text{Gasto Manufactura total} = 4203921,21\text{€ (4,2 M €/año)}$$

G3 Gastos financieros: intereses de capitales prestados invertidos en el negocio. No se considerará este gasto, ya que se supone que el dinero proviene de los inversores propietarios de la planta.

G4 Investigación y servicios técnicos: asesoramiento en la utilización del producto al cliente, nuevas aplicaciones, etc

Se calcula como el 1.5% de M, el 1% referido al servicio técnico y el 0.5% a investigación.

Gastos de investigación y servicios técnicos $\rightarrow 0,015 \cdot \text{Capital inmovilizado} = 805119,55 \text{ €}$ **(0,81 M €/año)**

El coste asociado a la producción total es la suma de los costes de operación y los generales. Así, el coste total de producción asciende a 93291386,15 € **(93,3 M de €/año)**

7.2.3 Estudio de la rentabilidad de la planta: cálculo del flujo neto de caja (NCF)

Bajo una perspectiva financiera, el concepto de NCF trata de dar respuesta a la pregunta sobre cuál es la capacidad que tiene una empresa (o un negocio) de generar liquidez a través de diversas fuentes y para hacer frente a diversos pagos. Se entiende por NCF la capacidad de generar recursos líquidos de una empresa en un período determinado. Se calcula como:

$$\text{NCF} = \text{ventas} - \text{costes de producción}$$

Se tendrán en cuenta los siguientes puntos:

- La planta de acetaldehído ha sido diseñada para producir 60 Tn/año y se supone que el mercado absorbe toda la producción. Se estima que el acetaldehído tiene un precio en el mercado de 2 \$/kg.
- La vida útil de la planta es de 15 años.
- La construcción de la planta se llevará a cabo los 2 primeros años.
- La inversión del terreno se recupera un año después del cierre.
- La base imponible a aplicar a los beneficios es de un 36%.
- La amortización se hará de manera lineal durante el desarrollo de la actividad.

Parámetros de rendimiento

- Pay-back o periodo de retorno

Este parámetro nos proporciona una idea del plazo en el que recuperamos la inversión inicial a través de los flujos de caja netos, ingresos menos gastos, obtenidos con el proyecto.

A continuación, se muestra de forma gráfica el pay-back para la planta de acetaldehído:

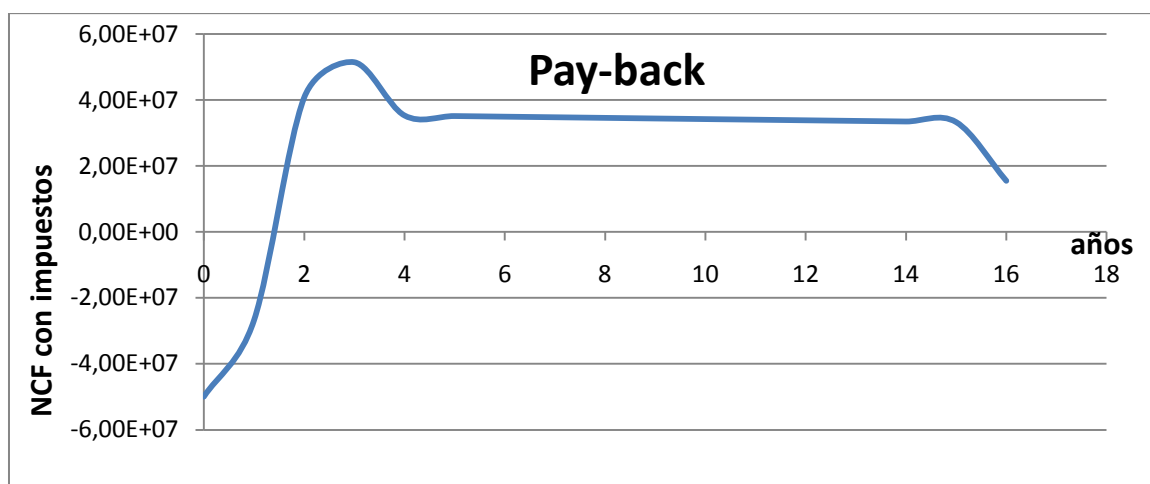


Figura 7.2.2.1 Período de retorno

El gráfico muestra cómo a partir del segundo año se empieza a recuperar la inversión inicial, ya que la venta de producto da un gran beneficio. En el año 15 se observa una curva de descenso, es cuando se deja de producir y se recupera la inversión del terreno.

- Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto es la diferencia entre todos los ingresos y todos los ingresos actualizados al periodo actual. Según el criterio del VAN el proyecto debe aceptarse si su valor neto es positivo.

A continuación, se representa el VAN en función del interés.

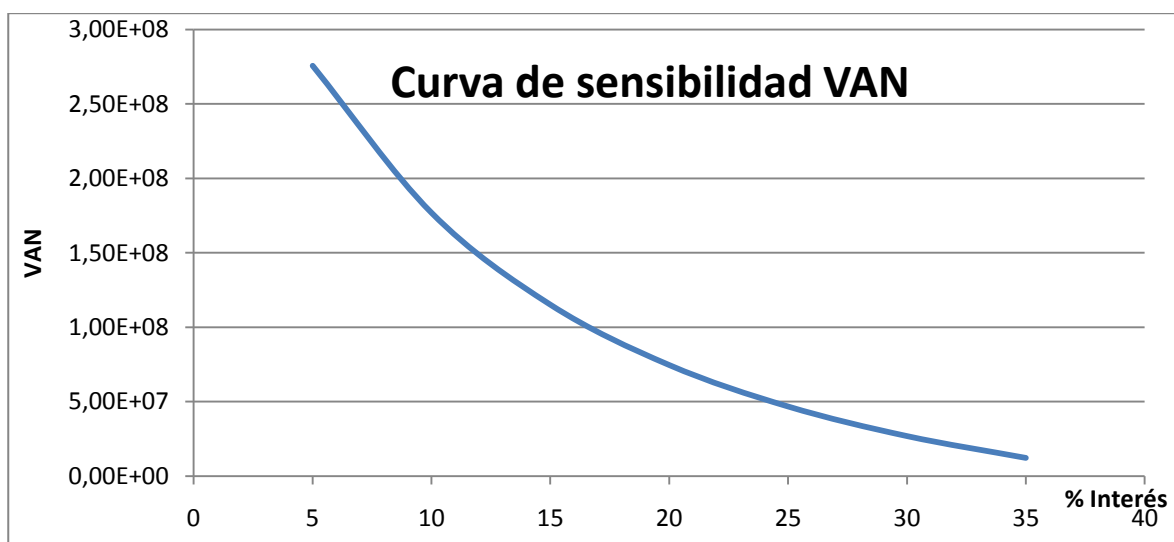


Figura 7.2.2.2 Curva de sensibilidad

En la gráfica anterior se observa como el VAN siempre será positivo para un interés menor al 35%.

- Tasa interna de retorno (TIR)

Se calcula la tasa interna de retorno (TIR) que corresponde al valor donde el VAN se hace cero. Es otro indicador de la rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR, mayor rentabilidad. Aunque nos podemos adelantar afirmando que el proyecto que nos ocupa es totalmente rentable ya que el TIR es mucho mayor que las tasa de inversión.

Tiene la siguiente expresión:

$$VAN = \sum (NCF)_r / (1+i)^r = 0$$

Donde:

r: es el tiempo de operación y vida de

i: es el tipo de interés, 36%

El TIR obtenido es de un 41%.

Con el análisis realizado se puede afirmar que el proyecto es viable, y además se puede prever que para la producción de la planta, y suponiendo que el mercado absorbe toda la producción de acetaldehído, se obtendrán grandes beneficios.

A continuación se muestra el flujo de caja (NCF) para la planta de acetaldehído, Acecat S.A.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Terreno	-2,31E+07										
Capital Inmobilitizado	-2,68E+07	-2,68E+07									
Capital circulante			-1,07E+07								
Ventas			1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08
Patentes			0	0	0	0	0	0	0		
Gastos			-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07
NCF sin impuestos	-5,00E+07	-2,68E+07	4,08E+07	5,15E+07	5,15E+07	5,15E+07	5,15E+07	5,15E+07	5,15E+07	5,15E+07	5,15E+07
Amortización			-3,58E+06	-3,58E+06	-3,58E+06	-3,58E+06	-3,58E+06	-3,58E+06	-3,58E+06	-3,58E+06	-3,58E+06
Beneficio bruto			4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07
Base imponible			4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07
Impuestos 36%				-1,72E+07	-1,72E+07	-1,72E+07	-1,72E+07	-1,72E+07	-1,72E+07	-1,72E+07	-1,72E+07
NCF con impuestos	-5,00E+07	-2,68E+07	4,08E+07	5,15E+07	3,42E+07	3,42E+07	3,42E+07	3,42E+07	3,42E+07	3,42E+07	3,42E+07

Tabla 7.2.1.20 Análisis NCF para una línea de producción

Año	11	12	13	14	15	16
Terreno						2,31E+07
Capital inmovilizado						
Capital circulante						1,07E+07
Ventas	1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08	
Patentes						
Gastos	-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07	
NCF sin impuestos	5,15E+07	5,15E+07	5,15E+07	5,15E+07	5,15E+07	3,39E+07
Amortización	-3,58E+06	-3,58E+06	-3,58E+06	-3,58E+06	-3,58E+06	
Beneficio bruto	4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07	
Base imponible	4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07	4,79E+07	
Impuestos 36%	-1,72E+07	-1,72E+07	-1,72E+07	-1,72E+07	-1,72E+07	-1,72E+07
NCF con impuestos	3,42E+07	3,42E+07	3,42E+07	3,42E+07	3,42E+07	1,66E+07

Tabla 7.2.1.20 Análisis NCF para una línea de producción

Al obtener un resultado tan positivo en el estudio económico anterior, se ha pensado en la posibilidad de instalar una segunda línea de producción con las mismas características. Esto permitiría tener una planta mucho más versátil puesto que puede trabajar en un rango de producción mayor. Por otra parte, la segunda línea también asegura la producción anual fijada, puesto que una puede seguir operando en caso que la otra se encuentre inoperativa. Además no se haría necesario ampliar la zona de servicios ya que podrían trabajar ambas líneas al 50% con los servicios ya instalados.

Por lo tanto, a continuación se muestran los resultados obtenidos doblando la línea de producción:

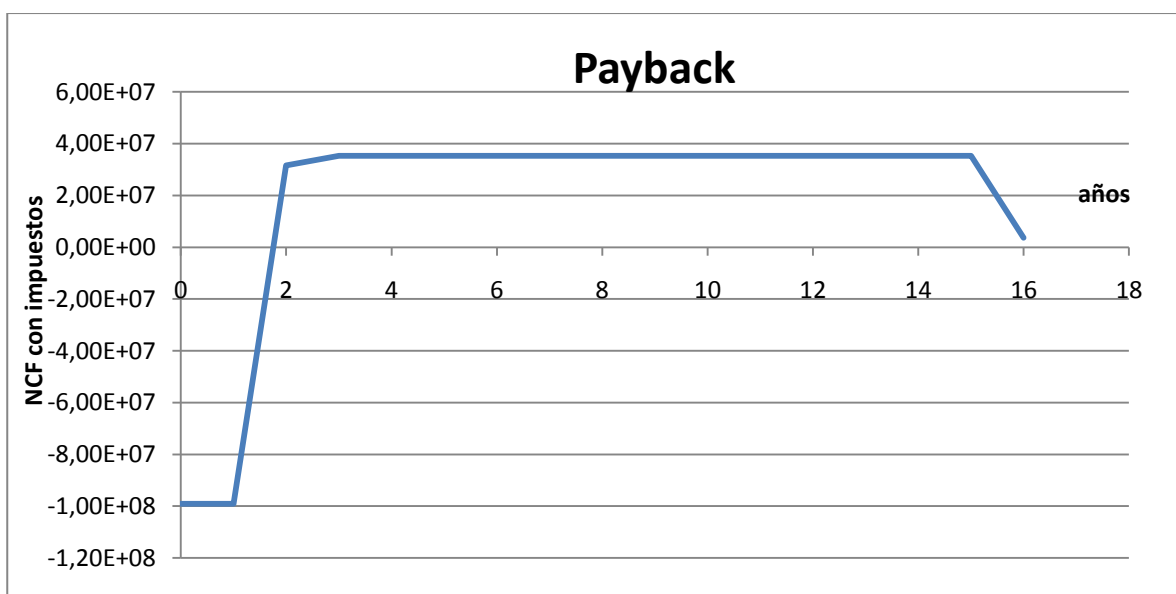


Figura 7.2.2.3 Período de retorno

En el gráfico anterior se observa que a partir del segundo año se empezará a recuperar la inversión inicial.

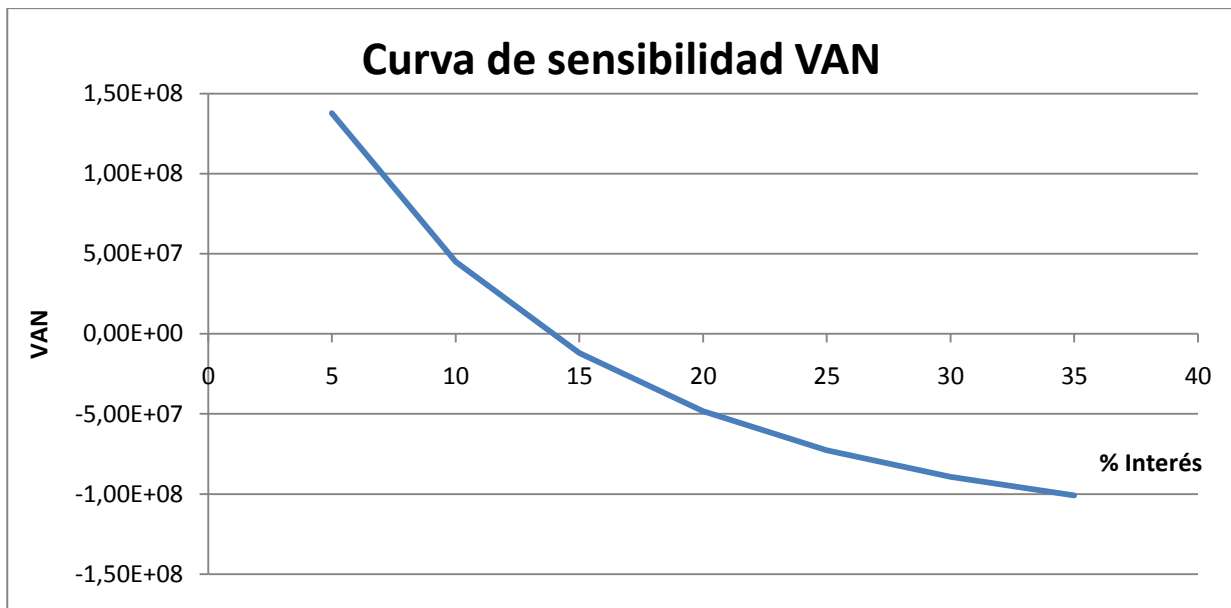


Figura 7.2.2.4 Curva de sensibilidad del VAN

Se observa que en este caso el TIR es de un 14%. Como se preveía el TIR para este caso es menor que para una sola línea de producción. Aunque su valor sigue dando viabilidad a la instalación de la segunda línea de producción. Así se pensará en la ampliación de esta segunda línea una vez la planta se encuentre operativa, así se solventarían los posibles fallos en cualquiera de las dos líneas y no afectaría a la producción, ya que las dos líneas estarían diseñadas para poder trabajar al 100% de su capacidad.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Terreno	0,00E+00										
Capital Inmobilitado	-9,91E+07	-9,91E+07									
Capital circulante			-1,98E+07								
Ingresos			1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08
Patentes			0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
Costes			-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07
NCF sin impuestos	-9,91E+07	-9,91E+07	3,17E+07	5,15E+07	5,15E+07	5,15E+07	5,15E+07	5,15E+07	5,15E+07	5,15E+07	5,15E+07
Amortización			-6,61E+06	-6,61E+06	-6,61E+06	-6,61E+06	-6,61E+06	-6,61E+06	-6,61E+06	-6,61E+06	-6,61E+06
Beneficio bruto			4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07
Base imponible			4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07
Impuestos 36%				-1,62E+07	-1,62E+07	-1,62E+07	-1,62E+07	-1,62E+07	-1,62E+07	-1,62E+07	-1,62E+07
NCF con impuestos	-9,91E+07	-9,91E+07	3,17E+07	3,53E+07	3,53E+07	3,53E+07	3,53E+07	3,53E+07	3,53E+07	3,53E+07	3,53E+07

Tabla 7.2.1.21 Análisis NCF para dos líneas de producción

Año	11	12	13	14	15	16
Terreno						0,00E+00
Capital Inmovilizado						
Capital circulante						1,98E+07
Ingresos	1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08	1,45E+08	
Patentes						
Costes	-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07	-9,33E+07	
NCF sin impuestos	5,15E+07	5,15E+07	5,15E+07	5,15E+07	5,15E+07	1,98E+07
Amortización	-6,61E+06	-6,61E+06	-6,61E+06	-6,61E+06	-6,61E+06	
Beneficio bruto	4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07	
Base imponible	4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07	4,49E+07	
Impuestos 36%	-1,62E+07	-1,62E+07	-1,62E+07	-1,62E+07	-1,62E+07	-1,62E+07
NCF con impuestos	3,53E+07	3,53E+07	3,53E+07	3,53E+07	3,53E+07	3,67E+06

Tabla 7.2.1.21 Análisis NCF para dos líneas de producción

8.-Puesta en marcha

8.- Puesta en marcha

8.1 Introducción.....	1
8.2 Tareas previas a la puesta en marcha de la planta.....	1
8.3 Puesta en marcha de servicios de la planta.....	3
8.4 Puesta en marcha de la línea de producción.....	4
8.4.1.-Procedimiento para la arrancada del proceso desde cero.....	5
8.4.1.-Procedimiento para la arrancada después de una parada inesperada.....	12

8.- Puesta en marcha

8.1 Introducción

En este apartado se detallan las tareas previas que permiten acondicionar la instalación. Además, se describe el manual para efectuar la puesta en marcha de los servicios, de la línea de producción tanto por primera vez como tras una parada no prevista y de los tratamientos.

8.2 Tareas previas a la puesta en marcha

Se presenta un listado de las tareas previas para asegurar una puesta en marcha coordinada, efectiva y sobretodo segura. Este listado, o checklist, se ha realizado agrupando las tareas según el tipo de actividad para facilitar el seguimiento.

Mantenimiento	Si/No
Personal organizado	
Materiales y equipos de reposición en el almacén	
Herramientas especiales y procedimientos disponibles	
Procedimientos de inspección de equipos disponibles	
Reblimientos y lubricantes disponibles	
Instrucciones de venta catalogadas	

Inspecciones	Si/No
Interior de recipientes	
Reblimientos de recipientes	
Red de tuberías y instrumentación según diagramas P&I	
Accesibilidad a equipos y disposición de operar	

Tests de presión, limpieza, secado y purgas	Si/No
Test de presión de tuberías y 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 del movimiento libre)	

Laboratorio de control de calidad	Si/No
Equipado y con personal	
Horarios de muestreo establecidos	
Especificaciones de producto y materias primas	

Equipamiento	Si/No
<u>Motores eléctricos</u>	
Rotación	
Tests sin carga	
<u>Compresores centrífugos</u>	
Instrumentación y control comprobado	
Operaciones preliminares de lubricación	
<u>Equipamiento de vacío</u>	
Test de funcionamiento	
<u>Bombas</u>	
Calibrage de las bombas	
<u>Instrumentos:</u>	
Bufado con aire limpio	
Secado	
Calibrage	

Preparaciones de operación	Si/No
Herramientas de mano, escaleras y mangueras disponibles	
Seguridad	
EPIs disponibles	
Primeros auxilios y asistencia médica disponible	
Equipos de primeros auxilios, mantas, antídotos,...disponibles	

Protección contra incendios	Si/No
Extintores, hidrantes, bies,... disponibles	
Procedimientos de extinción de incendios preparados	
Brigada contra incendios organizada y preparada	

8.3 Puesta en marcha de servicios de la planta

A continuación se propone el procedimiento a seguir para poner en marcha los servicios de la planta:

1. Activación del sistema eléctrico. Lo debe realizar el personal de mantenimiento eléctrico.
2. Activación del sistema contra incendios. Esto implica:
 - Comprobar que los hidrantes funcionen correctamente.
 - Cebas bombas del sistema contra incendios.
 - Comprobar que la balsa contra incendios está llena.
 - Comprobar que las válvulas del circuito de agua contra incendios funcionan correctamente.
 - Comprobar que los lavajos y duchas estén operativos.
3. Llenado del sistema de aguas de refrigeración y circulación. Se debe tener en cuenta que las válvulas de control deben ser operadas manualmente hasta que el aire de instrumentación esté disponible. Es imprescindible comprobar que no existen pérdidas en las tuberías.
4. Activación del aire de instrumentación. Es necesario comprobar que no existen fugas en el recorrido.
5. Activación de las torres de refrigeración.
6. Activación del circuito de agua glicolada. Tanto chillers como torres de refrigeración deben estar siempre activados antes que el vapor en la planta.
7. Activación del sistema de vapor y de retorno de condensado. Previamente se debe comprobar que las calderas disponen de agua y que los instrumentos están activados.
8. Activación del sistema de ventilación de la planta.
9. Comprobación de los sistemas de seguridad. Esto implica:
 - Asegurar que las salidas de emergencia estén despejadas.
 - Conectar las alarmas de seguridad y emergencia.
 - Activación del sistema de control de la planta.

8.4 Puesta en marcha de la línea de producción

En este apartado se detalla el procedimiento a seguir para llevar a cabo correctamente la puesta en marcha de la línea de producción. Existen dos procedimientos para poner la línea de producción a régimen: uno corresponde a hacer la arrancada desde cero y el otro a hacerla tras una parada inesperada.

Arrancar el proceso desde cero implica realizar todas las tareas necesarias para que el proceso alcance el régimen de producción requerido. Para ello se debe preparar la solución catalítica del reactor R-201 en el tanque TD-201 y introducirla al mismo reactor; se deben introducir los reactivos a este; esperar que la corriente de proceso que se genera vaya avanzando en el proceso llenando los distintos equipos; regular distintos parámetros de operación que requiere cada equipo para conseguir las condiciones de estado estacionario para la producción fijada, etc.

En cambio arrancar el proceso a partir de una parada ocasionada por un problema técnico implica menos pasos y se puede realizar por áreas de proceso en lugar de hacerlo en toda la planta. Es decir, pueden continuar operando el resto de zonas durante un tiempo determinado mientras se realiza las reparaciones y/o el mantenimiento oportuno en la zona afectada.

Además en este segundo caso los equipos y las tuberías contienen el fluido de proceso de antes de la parada, con lo que la nueva arrancada no será tan compleja ni conllevará tanto tiempo como iniciarla desde cero.

8.4.1.-Procedimiento para la arrancada del proceso desde cero

Las instrucciones para llevar a cabo esta arrancada se enumeran a continuación

1.-Puesta en marcha de los servicios de la planta, descrita anteriormente en el apartado 8.3

Además todas las bombas se cebarán previamente antes de su puesta en marcha.

2.-Preparación de la solución de catalizador en el tanque TD-201

El llenado del reactor R-201 y el separador de fases S-201 con solución de catalizador requieren un volumen de 114 m^3 , 108 m^3 para el reactor y 6 m^3 para el separador.

El tanque de disolución TD-201 tiene un volumen de 49 m^3 . Por lo tanto se dividirá la carga de solución catalítica en tres cargas de 38 m^3 . El conjunto de las cargas debe contener 7364kg de CuCl_2 y 48 kg de PdCl_2 , así que se disuelven 2455kg de CuCl_2 y 16 kg de PdCl_2 en cada carga.

Este cálculo se ha realizado al considerar que la concentración en el reactor debe ser de $0,4 \text{ kmol/m}^3$ de CuCl_2 y de $0,0025 \text{ kmol/m}^3$ de PdCl_2 .

Para preparar la disolución, en primer lugar se llena el tanque con 38 m^3 de agua de red y posteriormente se cargan los sólidos mediante una tolva que administra el catalizador. El tanque dispone de un agitador para homogenizar la mezcla antes de ser introducida al reactor.

3.-Llenado del reactor R-201 con la solución catalítica. Encender y parar la bomba P-205 para cada carga

Como se ha comentado el llenado se divide en tres cargas que son impulsadas por la bomba P-205. Por lo tanto será necesario abrir manualmente la válvula de carga de líquido y comprobar que la válvula de la salida para el vaciado del reactor se encuentre cerrada.

4.- Entrada de reactivos al reactor R-201

Se deben abrir las válvulas manuales de entrada y salida de los separadores de fase S-201, S-202, S-203, así como de la columna de absorción AB-201.

Desde la sala de control se anula el control ratio de entrada al reactor ya que inicialmente no hay una recirculación desde AB-201 a partir de la cual fijar la proporción de caudales.

En consecuencia se fija manualmente la proporción deseada de etileno y oxígeno de entrada.

Como se ha dicho en otros apartados la conversión del reactor es tan solo del 35%. Para obtener una conversión global del proceso respecto al etileno del 95% se plantea una recirculación al reactor con todo el etileno y el oxígeno no reaccionados.

Inicialmente se introduce una cantidad de los dos reactivos mayor a la correspondiente al estado estacionario del proceso, ya que al arrancar la planta no se dispone de corriente de recirculación.

Al iniciar la entrada de reactivos se debe activar el compresor CO-201 para permitir la recirculación al reactor R-201.

En las siguientes tablas, para la entrada de reactivos en la arrancada y una vez en estado estacionario del proceso; se especifican los valores de temperatura, presión y caudal de las corrientes de entrada en los siguientes tramos:

-Tramo A: desde la planta de fraccionamiento hasta el área de reacción en el caso del oxígeno; y desde los tanques de almacenamiento hasta el área de reacción en el caso del etileno.

-Tramo B: corriente de entrada de reactivo después de pasar por un equipo para reducir la presión a 3 atm.

-Tramo C: corriente de entrada de reactivo después de pasar por un intercambiador para aumentar la temperatura hasta 20°C.

Tabla 8.4.1.- Condiciones de entrada reactivos para una arrancada desde cero

Entrada de reactivos en la arrancada desde cero (producción 100%)				
Reactivo de entrada	Parámetros caudal entrada	Tramo A	Tramo B	Tramo C
Etileno	Temperatura (°C)	-58	-82,6	20
	Presión (atm)	8	3	3
	Caudal (m ³ /h)	31,6	2701,2	4482
	Estado físico	Gas	Gas	Gas
Oxígeno	Temperatura (°C)	20	-51,66	20
	Presión (atm)	8	3	3
	Caudal (m ³ /h)	839,8	1692,1	2239,6
	Estado físico	Gas	Gas	Gas

Tabla 8.4.2.- Condiciones de entrada reactivos en estado estacionario.

Entrada de reactivos en estado estacionario (producción 100%)				
Reactivo de entrada	Parámetros caudal entrada	Tramo A	Tramo B	Tramo C
Etileno	Temperatura (°C)	-58	-82,6	20
	Presión (atm)	8	3	3
	Caudal (m ³ /h)	11,64	994,03	1649,2
	Estado físico	Gas	Gas	Gas
Oxígeno	Temperatura (°C)	20	-51,66	20
	Presión (atm)	8	3	3
	Caudal (m ³ /h)	319,24	643,2	851,3
	Estado físico	Gas	Gas	Gas

Como se ve en las tablas en la arrancada de la planta se necesitan 4482 m³/h de etileno y 2239,6 m³/h de oxígeno, para una producción del 100%.

En cuanto la corriente de recirculación alcance el caudal estimado en la simulación del proceso para una producción del 100%, de 6548 m³/h, se activará el control ratio para fijar la proporción de reactivos de entrada. Una vez actúe el controlador de proporción se disminuirán los caudales de reactivos nuevos hasta llegar a los valores del estado estacionario reflejados en la tabla 8.4.2.

El procedimiento a seguir para poner la planta a régimen con una producción del 50% sería idéntico al descrito para el 100%, con la única diferencia que la cantidad de reactivos necesarios será la mitad al igual que el caudal de la recirculación.

En el caso que se quiera cambiar el porcentaje de producción una vez puesta en marcha solo necesario ajustar los valores de consigna del control ratio desde la sala de control.

5.- Controlar que se alcanza el valor de consigna de nivel de líquido en el reactor R-201 y el separador de fases S-201

A medida que la reacción tiene lugar se llena el separador de fases S-201, el cual se encuentra conectado al reactor sin ninguna válvula. El controlador de nivel del separador S-201 regulará el caudal de entrada que proviene del tanque TM-201 para alcanzar el nivel de llenado deseado.

Al mismo tiempo se activa la bomba P-201 para aumentar la presión del corriente de purga que entra al regenerador RG-201. Se activa el control de temperatura del regenerador para conseguir la descomposición de subproductos deseada.

El control de nivel del reactor debe ajustar el nivel dentro del equipo hasta alcanzar el set-point. Para ello la válvula de regulación de control de nivel ajusta el caudal de retorno de la solución catalítica que proviene del separador de fases.

6.-Controlar el nivel de los separadores de fase S-202 y S-203

El corriente gaseoso de salida del separador de fases S-201 va avanzando hacia los separadores de fase S-202 y S-203, previo paso por los condensadores CN-201 y CN-202.

Se activa el control de temperatura de los dos condensadores para obtener el grado de separación deseado en los dos separadores. Al activar los controles de nivel de los separadores se alcanza el nivel deseado dentro de los equipos mediante la regulación de sus caudales de salida en fase líquida.

Se debe activar las bombas P-203-A y P-203-B para poder impulsar el corriente líquido de salida del separador de fases S-203 hasta la zona de tanques.

7.-Puesta a régimen de la columna de absorción AB-201

La operación de absorción requiere la entrada de un caudal de agua de lavado que proviene del tanque TM-401.

Este tanque se llena con agua de red y con una recirculación de agua residual que proviene del área de purificación. Al arrancar la planta solo se dispone del caudal de agua de red ya que aun no se dispone del corriente de recirculación.

Mientras no se disponga de esta recirculación, el controlador de nivel del tanque añadirá el agua de red necesaria para llenar el equipo y empezar a suministrar agua a la columna de absorción.

El corriente de agua que sale del tanque TM-401 distribuye el agua a la columna de absorción AB-201 y también a la columna de desabsorción DA-401. Mientras se pone a régimen la columna de absorción, el control ratio que regula la proporción de caudales que se introduce a las dos torres permanece inactivo, enviándose todo el agua solo a la columna AB-201.

Se deben activar las bombas de impulsión situadas en el tramo comprendido entre el tanque TM-401 y la columna AB-201.

Se activa el control ratio de la salida de gases de la columna AB-201, que purga una parte de este caudal hacia la zona de tratamiento. Monitorizar este caudal desde la sala de control es muy importante para saber en qué momento se consigue el caudal de recirculación de reactivos no reaccionados deseado.

Se realizan controles de calidad para determinar la pureza del crudo de acetaldehído. Cuando se consiga un 7% en peso de acetaldehído se podrá considerar la columna a régimen.

8.-Llenado de los tanques de mezcla TM-301 y TM-302

Deben abrirse las válvulas de entrada de estos tanques y mantener cerradas las válvulas de salida hasta el llenado de los tanques. Una vez los tanques estén llenos se abren las válvulas de salida y serán los controladores de nivel los que garanticen que estos tanques se cargan y descargan de forma secuencial.

Antes de realizar la primera descarga de uno de los tanques se deben activar las bombas P-302-A y P-302-B.

9.-Puesta a régimen de la columna de desabsorción DA-401

Se abren todas las válvulas manuales de entrada y salida del intercambiador I-402 y de la columna DA-401. Se activa el control de temperatura del intercambiador I-402, así como los controles de nivel y temperatura de la columna. Se comprueba que el corriente de vapor directo que proviene de la zona de servicios entra a la columna.

10.-Puesta a régimen de la columna de destilación CD-401

Se abren todas las válvulas de entrada y salida de la columna CD-401, de la caldera CA-401 y del condensador CN-401. Se activa el control de temperatura y de nivel de la columna, el control de caudal de la caldera y el control de temperatura del condensador.

El control de calidad se encarga de verificar que se consigue la purificación deseada del crudo de acetaldehído en este equipo, así como para el resto de columnas del área 400.

11.-Recirculación del agua residual

Se activan las bombas P-301-A y P-301-B para impulsar el corriente de colas de la columna hacia la zona de tanques. Se abren las válvulas de entrada de los tanques pulmón T-301 y T-302 y se mantienen las válvulas de salida cerradas. Una vez los tanques estén llenos se abren las válvulas de salida y serán los controladores de nivel los que garanticen que estos tanques se cargan y descargan de forma secuencial.

Se activan las bombas de impulsión situadas en el tramo comprendido entre estos tanques y el tanque TM-201, el cual aporta agua residual al reactor.

12.-Puesta a régimen de la columna de destilación CD-402

Se abren todas las válvulas de entrada y salida de la columna CD-402, de la caldera CA-402 y del condensador CN-402. Se activa el control de temperatura y de nivel de la columna, el control de caudal de la caldera y el control de temperatura del condensador.

13.-Puesta en marcha de los equipos de tratamiento de gases

Se abren todas las válvulas manuales a la entrada y a la salida de los equipos del área 800. Se activan los controles de temperatura de todos los intercambiadores.

Se enciende la antorcha suministrándole un pequeño caudal de gas natural; del mismo modo se inicia la combustión en el reactor RC-801.

Se activa el control ratio de entrada al reactor RC-801 para fijar la cantidad de aire que es necesaria introducir. También se activa el control de seguridad de temperatura del reactor.

Se activan los controles de concentración de COV's y HCl.

14.-Llenado de las balsas contraincendios y de tratamiento de aguas

Comprobar que las balsas estén llenas. En caso contrario se deben llenar con agua de red.

8.4.2.-Procedimiento para la arrancada del proceso después de una parada inesperada

Como se ha dicho este procedimiento es menos complejo y requiere de menos pasos para volver a arrancar la planta que en una arrancada desde cero.

La planta se organiza en diferentes áreas, como se muestra en la figura 8.4.2.

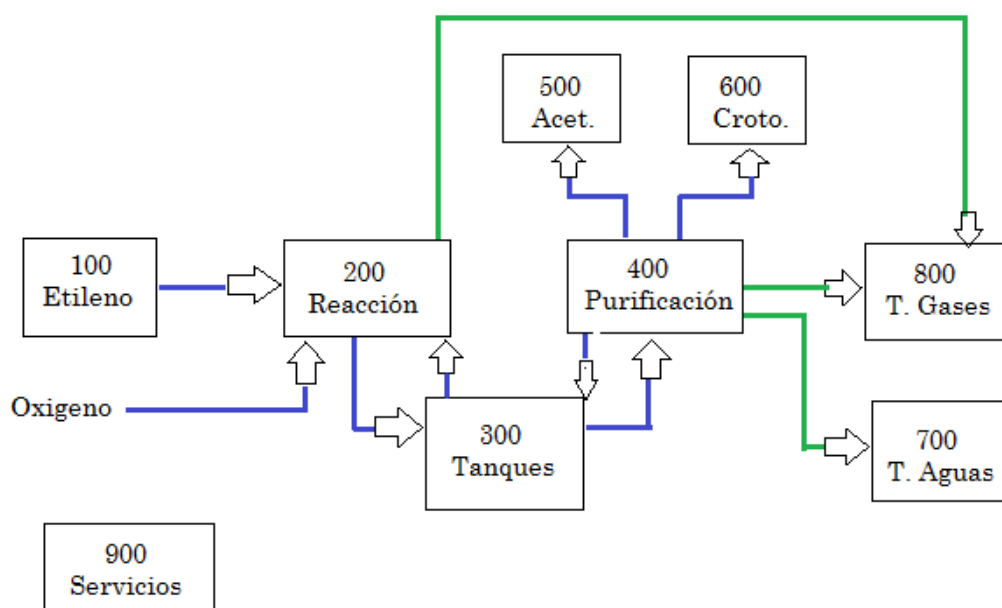


Figura 8.4.2- Distribución de las zonas de la planta

Hay ciertas áreas de la planta que son críticas en el sentido que sin ellas no es posible seguir produciendo en caso de interrumpir su funcionamiento normal. Estas áreas son las siguientes:

- Área 100 de almacenamiento de etileno. Sin disponer de etileno, al igual que sin oxígeno, la reacción principal del proceso no puede tener lugar.

Poner en marcha esta área después de quedarse sin reactivo simplemente implica que un camión cisterna llene los tanques a fin de garantizar el suministro de etileno al proceso.

-Área 900 de servicios. Esta área es de vital importancia para la planta, ya que suministra la electricidad, así como agua de red, agua de refrigeración, gas natural, aire comprimido, etc.

Volver a poner en marcha éste área después de un corte de electricidad, cortocircuito, etc implica una inspección y revisión de mantenimiento con profundidad por parte del personal especializado.

-Área 800 de tratamiento de gases. En caso de no estar operativa muy probablemente se tendrá que parar la producción por incumplimiento de la normativa ambiental sobre emisiones de COV's y compuestos clorados.

Poner en marcha esta área después de una avería consiste en reparar los equipos con problemas, y seguir los mismos pasos que para una arrancada desde cero. Se deben abrir las válvulas manuales necesarias, encender el reactor catalítico y la antorcha y activar el sistema de control.

-Área 700 de tratamiento de aguas. Si la balsa aireada está vacía no se puede garantizar que un vertido de agua residual con carga orgánica se realice sin sobrepasar el límite de DQO. Un incumplimiento de la normativa en este punto también es motivo de paro de la planta.

Una vuelta a la normalidad en esta área después de una parada resulta más sencillo que en otras áreas. Solo hace falta asegurarse que la balsa esté llena.

En cambio hay casos en que la producción puede seguir por un cierto tiempo en caso de una parada parcial de una zona de la planta. Este es el caso del área 200 de reacción y del área 400 de purificación. Estas dos áreas están interconectadas por el área 300 de tanques de almacenamiento de crudo de acetaldehído y de agua residual.

En caso de una avería en el área 200 se puede garantizar la producción hasta que se vacíen los tanques del área 300, los cuales almacenan crudo de acetaldehído por un tiempo limitado. En caso de superarse este tiempo sin solventar el problema será necesario una parada total de la planta.

Con el área 400 sucede algo parecido. Esta área puede estar parada por un cierto tiempo sin necesidad de parar el área 200. En este intervalo de tiempo el crudo de acetaldehído que sale

por colas de la columna AB-201 se irá acumulando en los tanques de mezcla del área 300. En el momento que se llenen estos tanques, si no se ha solucionado el problema del área 400, habrá que parar toda la planta. También habrá que parar toda la planta en caso de que el área 400 no pueda suministrar la recirculación de agua que se requiere en el tanque TM-201.

Poner en marcha el área 200 o 400 después de una parada parcial resulta bastante más sencillo que una puesta en marcha desde cero.

En esta situación todos los equipos se encuentran llenos de fluido de proceso y los distintos servicios de la planta funcionan correctamente. Si la avería es de un equipo en concreto, se deberán cerrar las válvulas manuales de entrada y salida para poder repararlo; una vez se haya solucionado el problema solo habrá que volver a abrir las válvulas y dar las consignas adecuadas desde la sala de control.

Este proceso se encuentra totalmente automatizado, así que una vez solucionada una avería puntual, no debe resultar difícil ajustar todos los parámetros del proceso desde la sala de control para volver otra vez a las condiciones de producción deseadas.

El llenado de los tanques de almacenamiento de productos puede suponer motivo de parada del proceso pero se considera poco probable ya que periódicamente se descargan mediante los camiones cisterna.

9.-Operación en planta

9.-Operación en planta

La operación en planta está totalmente automatizada por la sala de control. No obstante, en una planta química en continuo como la de estudio, es imprescindible disponer de personal cualificado para vigilar que todos los equipos y maquinaria funcionen adecuadamente. En caso de producirse cualquier anomalía, estos operadores de la sala de control deben estar capacitados y disponer del material necesario para actuar de forma rápida intentando minimizar cualquier riesgo.

En la operación en planta deben realizarse las siguientes tareas:

- Controlar las variables más importantes desde la sala de control y cerciorarse que todo el sistema de control funciona correctamente.
- Mantenimiento de las instalaciones, ya sean laboratorios de calidad, tuberías y valvulería de la planta, equipos, vías de acceso a las distintas zonas de la planta, etc.
- Mantenimiento y calibración periódica del material instrumental y los equipos de análisis.
- Planificación de materias primas necesarias y de producto para suministrar.
- Control de entrada de materias primas y control de salida de producto acabado. Esta supervisión es realizada por el personal del laboratorio de control de calidad. En el caso de los reactivos de entrada al proceso, oxígeno y etileno, verifican su pureza y en caso de no ser la adecuada se comunica al distribuidor. En el caso de producto acabado garantizan la pureza deseada.
- También se pueden realizar controles en etapas intermedias del proceso para asegurar el buen funcionamiento del proceso. En caso de no obtener los rendimientos deseados se actuaría buscando qué equipo o zona presentan problemas.
- Realizar estudios para mejorar alguna etapa del proceso, para aumentar en un futuro los beneficios de la empresa. Estos estudios pueden ser a nivel de reacción, optimizando algún parámetro clave; o a nivel de proceso modificando ciertas etapas de proceso.
- Arrancada de la planta, paradas programadas debido a algún problema grave o paradas anuales de mantenimiento.
- Tener especial cuidado en el control de la vida útil del catalizador del reactor R-201 así como del reactor RC-801. Es otra tarea del control de calidad, en caso de no disponer del catalizador adecuado se puede plantear una parada programada para solucionarlo.
- Gestión de los residuos generados en la planta. Contactar con empresas externas para el tratamiento del crotonaldehído, así como para la solución catalítica del R-201 una vez se vacía el reactor en la parada general.