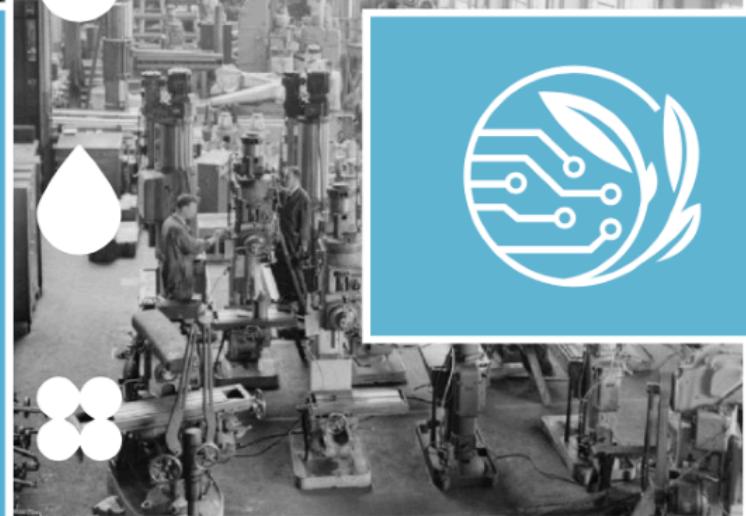


IsoNova

# PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FOSGENO

PROYECTO FIN DE GRADO  
Ingeniería química



Luis Antonio Gallardo Blanco  
Bélana Kirschstein  
Daniel Matamoros Nicolás  
Marta Riera Flores  
Jie Zhang

**TUTOR**  
Oscar Guerrero Sodric



# PLANTA DE PRODUCCIÓN DE FOSGENO

PROYECTO FIN DE GRADO  
Ingeniería química



**CAPÍTULO 5:  
SEGURIDAD  
E HIGIENE**



## Índice

|   |           |
|---|-----------|
| <b>5.1 Introducción.....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>5.2 Clasificación de la planta.....</b>                              | <b>9</b>  |
| <b>5.3 Substancias químicas.....</b>                                    | <b>10</b> |
| 5.3.1 Fichas de seguridad.....  | 10        |
| 5.3.2 Envasado y etiquetado.....  | 11        |
| 5.3.3 Palabras de advertencia, consejos de prudencia y pictogramas..... | 13        |
| <b>5.4 Almacenaje.....</b>  | <b>17</b> |
| <b>5.5 Señalización en planta.....</b>                                  | <b>18</b> |
| 5.5.1 Colores de seguridad.....   | 18        |
| 5.5.2 Señalización en forma de panel.....                               | 20        |
| 5.5.2.1 Señalización de advertencia.....                                | 21        |
| 5.5.2.2 Señalización de prohibición.....                                | 22        |
| 5.5.2.3 Señalización de obligación.....                                 | 23        |
| 5.5.2.4 Señalización relativa de los equipos contra incendios.....      | 24        |
| 5.5.3 Señalización de salvamento y socorro.....                         | 24        |
| 5.5.4 Señalización luminosa.....  | 25        |
| 5.5.5 Señalización acústica.....  | 26        |
| 5.5.6 Señalización gestual.....   | 27        |
| 5.5.7 Señalización de conducciones.....                                 | 29        |
| <b>5.6 Primeros auxilios.....</b>                                       | <b>31</b> |
| 5.6.1 Principios de actuación en caso de emergencia.....                | 31        |
| 5.6.2 Materiales de primeros auxilios.....                              | 32        |
| 5.6.3 Formación básica.....   | 33        |
| 5.6.4 Procedimientos comunes de primeros auxilios.....                  | 34        |
| <b>5.7 Equipos de protección.....</b>                                   | <b>36</b> |
| 5.7.1 Equipos de protección colectiva (EPC).....                        | 37        |
| 5.7.2 Equipos de protección individual (EPI).....                       | 38        |
| 5.7.2.1 Protectores de cabeza.....                                      | 38        |
| 5.7.2.2 Protectores de pies y piernas.....                              | 39        |
| 5.7.2.3 Protectores de manos y brazos.....                              | 39        |
| 5.7.2.4 Protectores oculares y faciales.....                            | 39        |
| 5.7.2.5 Protectores de las vías respiratorias.....                      | 40        |
| 5.7.2.6 Protectores del cuerpo completo.....                            | 42        |
| 5.7.2.7 Protectores de oído.....  | 42        |
| 5.7.3 Mantenimiento de los EPIs.....                                    | 42        |
| 5.7.4 Normativa de los EPIs.....  | 44        |
| <b>5.8 Riesgos y accidentes a la industria química.....</b>             | <b>45</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>5.8.1 Riesgos.....</b>  | <b>45</b> |
| 5.8.1.1 Caídas al mismo nivel.....                               | 47        |
| 5.8.1.2 Caídas a distinto nivel.....                             | 47        |
| 5.8.1.3 Riesgo de atrapamiento.....                              | 48        |
| 5.8.1.4 Riesgo de caída de objetos.....                          | 49        |
| 5.8.1.5 Riesgo por sobreesfuerzos.....                           | 50        |
| 5.8.1.6 Riesgo por proyección de partículas o salpicaduras.....  | 51        |
| 5.8.1.7 Riesgo por contaminación aérea.....                      | 52        |
| 5.8.1.8 Riesgo eléctrico.....                                    | 53        |
| 5.8.1.9 Exposición al sonido.....                                | 54        |
| <b>5.8.2 Riesgo de explosión.....</b>                            | <b>55</b> |
| 5.8.2.1 Zonas ATEX.....  | 57        |
| 5.8.2.2 Clasificación de las zonas ATEX.....                     | 57        |
| 5.8.2.3 Zonas ATEX dentro de la empresa.....                     | 59        |
| 5.8.2.4 Técnicas de prevención.....                              | 60        |
| 5.8.2.5 Técnicas de protección.....                              | 61        |
| <b>5.9 Seguridad contra incendios.....</b>                       | <b>61</b> |
| 5.9.1 Plan de prevención y protección contra incendios.....      | 63        |
| 5.9.1.1 Clasificación del tipo de incendio en planta.....        | 63        |
| 5.9.1.2 Protocolo de prevención en riesgo de incendio.....       | 64        |
| 5.9.2 Medidas de protección contra incendios.....                | 65        |
| 5.9.2.1 Mecanismos de extinción.....                             | 66        |
| 5.9.2.2 Agentes extintores.....                                  | 67        |
| 5.9.2.3 Sistemas de protección activa.....                       | 70        |
| 5.9.2.3.1 Detectores de humo, calor y timbres de emergencia..... | 71        |
| 5.9.2.3.2 Extintores.....  | 74        |
| 5.9.2.3.3 Bocas de incendio equipadas (BIE).....                 | 75        |
| 5.9.2.3.4 Rociadores.....  | 76        |
| 5.9.2.3.5 Sistemas de agua pulverizada.....                      | 77        |
| 5.9.2.3.6 Hidrante de columna seca.....                          | 77        |
| 5.9.2.3.7 Sistemas de espuma.....                                | 78        |
| 5.9.2.4 Sistemas de protección pasiva.....                       | 79        |
| 5.9.2.4.1 Morteros ignífugos.....                                | 79        |
| 5.9.2.4.2 Placas y puertas cortafuegos.....                      | 79        |
| 5.9.2.4.3 Lana de roca.....                                      | 80        |
| 5.9.2.4.4 Pintura.....   | 80        |
| 5.9.3 Abastecimiento de agua.....                                | 80        |
| <b>5.10 Plan de emergencia.....</b>                              | <b>81</b> |
| 5.10.1 Clasificación de accidentes.....                          | 82        |
| 5.10.2 Plan de emergencia interno.....                           | 83        |

---

|   |            |
|---|------------|
| 5.10.3 Plan de emergencia externo.....      | 84         |
| <b>5.11 Higiene.....</b>                    | <b>85</b>  |
| 5.11.1 Higiene en el entorno laboral.....   | 89         |
| 5.11.2 Higiene personal.....                | 90         |
| <b>5.12 HAZOP: Análisis de riesgos.....</b> | <b>90</b>  |
| 5.12.1 Evaporador.....                      | 93         |
| 5.12.2 Caldera.....                         | 98         |
| 5.12.3 Mixer.....                           | 102        |
| 5.12.4 Reactor.....                         | 107        |
| 5.12.5 Condensador.....                     | 115        |
| 5.12.6 Scrubber.....                        | 120        |
| 5.12.7 Compresores.....                     | 125        |
| 5.12.8 Bombas.....                          | 129        |
| <b>5.13 Bibliografía.....</b>               | <b>135</b> |

## 5.1 Introducción

Este bloque del proyecto se centra en la prevención, seguridad e higiene necesarias para realizar una práctica en la que se mitiguen posibles riesgos asociados.

Para ello es de vital importancia la comunicación tanto con las empresas como con los empleados, proporcionando la información necesaria para el correcto funcionamiento de los equipos y el entendimiento de las medidas de seguridad frente a emergencias.

En el caso que ocupa este proyecto se trabaja con sustancias catalogadas como extremadamente peligrosas para la salud humana, por lo que es muy importante seguir las recomendaciones, leyes y decretos establecidos para este fin y realizar una manipulación de los productos con extrema cautela.

A lo largo del bloque se estudiarán los focos de riesgo, las consecuencias que puede conllevar una exposición a los distintos productos, métodos de protección ante accidentes y consideraciones relevantes para garantizar el bienestar de los trabajadores y del entorno laboral.

## 5.2 Clasificación de la planta

En este apartado se profundiza sobre los riesgos que puede haber en la planta de forma generalizada. Para ello, se clasifican distintas zonas donde estudiar los peligros que conlleva.

Es evidente que no todas ellas contendrán el mismo nivel de peligrosidad, por lo que esta clasificación inicial por zonas, mostrada en la *Tabla 5.1*, facilitará la detección de los principales focos a tener en cuenta.

**Tabla 5.1:** Definición de zonas de la planta.

| Zona     | Definición                                    |
|----------|---|
| A - 100  | Entrada reactivos, evaporador y caldera       |
| A - 200  | Mixer   |
| A - 300  | Reacción                                      |
| A - 400  | Refrigeración                                 |
| A - 500  | Condensación                                  |
| A - 600  | Tratamiento de gases                          |
| A - 700  | Sala de control                               |
| A- 800   | Grupos electrógenos                           |
| A - 900  | Sistemas de impulsión y purificación del aire |
| A - 1000 | Zona de carga y descarga                      |
| A - 1100 | Aparcamientos                                 |
| A - 1200 | Laboratorio                                   |
| A - 1300 | Oficinas                                      |
| A - 1400 | Vestuarios                                    |

## 5.3 Substancias químicas

Es importante tener identificadas y catalogadas las distintas substancias químicas empleadas en la planta. De esta forma se podrán analizar por separado las condiciones en las que deben estar ciertos productos, la compatibilidad que puedan tener, y en general, entender el comportamiento del químico en cuestión para saber manejarlo correctamente.

Con este fin se emplean una serie de medidas de identificación, como las fichas de seguridad, envasados y etiquetados de los productos. Estas son reguladas por el Reglamento CLP<sup>1</sup> nº1272/2008, basado en el Sistema Globalmente Armonizado (SGA) aplicado a las Naciones Unidas.

De este modo, cada empresa cataloga las substancias químicas según distintos criterios, como la toxicidad, inflamabilidad o peligrosidad complementando las clasificaciones con los pictogramas y otras guías informativas.

### 5.3.1 Fichas de seguridad

Una de las formas de catalogar las substancias químicas es mediante fichas de seguridad o FDS; son documentos donde se especifican las propiedades de un producto o mezcla y cómo actuar frente una emergencia vinculada al químico en cuestión. <sup>[31]</sup> <sup>[32]</sup>

Estas fichas deben presentarse en cualquiera de los siguientes casos:

1. La sustancia cumple los requisitos para ser considerada como peligrosa según las directivas 67/548/CEE o 1999/45/CE.
2. Si se encuentra en la lista de sustancias sujetas a autorización que publica la Agencia.
3. Cuando se trata de una sustancia PBT o MPMB (persistente, bioacumulable y tóxica).

---

<sup>1</sup> CLP: Reglamento sobre Clasificación, Etiquetado y Empaque de sustancias y mezclas.

La información que deben incluir las FDS se presenta a la *Tabla 5.2* mostrada a continuación, donde se especifica cada requisito:

**Tabla 5.2:** Contenidos obligatorios en una FDS [21].

|    |   |
|----|---|
| 1  | Identificar la substancia y la empresa.                                 |
| 2  | Identificar los posibles peligros asociados.                            |
| 3  | Información y propiedades de la sustancia - mezcla.                     |
| 4  | Primeros auxilios.  |
| 5  | Medidas de lucha contra incendios, como agente extintor.                |
| 6  | Medidas en caso de derrame o fuga.                                      |
| 7  | Manipulación y almacenamiento.  |
| 8  | Control de la exposición al producto y sistemas de protección personal. |
| 9  | Propiedades fisicoquímicas del producto o mezcla.                       |
| 10 | Estabilidad y reactividad.  |
| 11 | Información sobre la toxicología del producto.                          |
| 12 | Información sobre el impacto ecológico.                                 |
| 13 | Formas de eliminación o destrucción del producto.                       |
| 14 | Informe del transporte.   |
| 15 | Información reglamentaria.  |
| 16 | Otras consideraciones pertinentes.                                      |

### **5.3.2 Envasado y etiquetado**

También es de vital importancia mantener informado al personal sobre cuáles son los riesgos asociados a cada sustancia química, es por esto que se deben cumplir ciertos criterios de etiquetado y envasado.

Esto se basa en el reglamento CLP 1272/2008 que trata la clasificación, el envasado y el etiquetado de los productos químicos.

Las etiquetas deben ser legibles, por lo tanto, a un tamaño y tipo de letra adecuado al tamaño del envase.

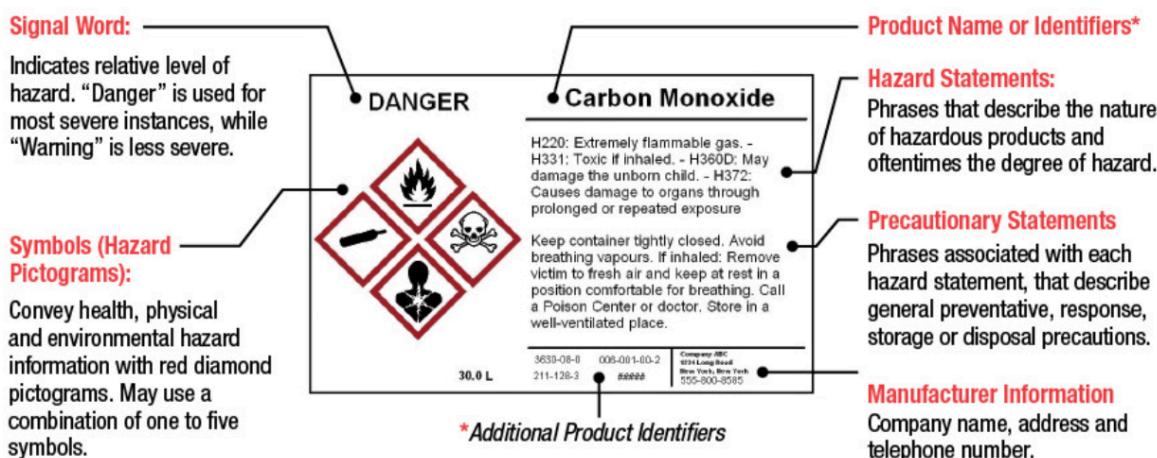
Por su parte el envase debe ser resistente, evitando así generar fugas y capaz de contener a la sustancia química, usualmente se emplean materiales como plásticos resistentes (HDPE, PP) o vidrio.

Los elementos que deben contener las etiquetas se muestran en la *Tabla 5.3* a continuación.

**Tabla 5.3:** Contenidos del etiquetado de un producto químico.

| Contenido                                   | Descripción  |
|---|--|
| Identificación del producto                 | Se debe especificar el número CAS y su nomenclatura según la IUPAC.  |
| Composición                                 | Se debe especificar el contenido de la sustancia química incluyendo concentraciones y otras propiedades físicas.   |
| Proveedor                                   | Se deben incluir los datos de contacto con el fabricante del producto.   |
| Pictogramas                                 | Este es un parámetro importante que permite determinar con rapidez los efectos que pueden tener las sustancias en cuestión, más adelante se especificarán con mayor detalle. |
| Palabras de advertencia                     | Se incluyen palabras que denotan la peligrosidad de la sustancia, como “peligro” o “advertencia”.  |
| Indicaciones de peligro                     | Frases que acompañan a los pictogramas, donde se explican posibles riesgos asociados a la sustancia.   |
| Consejos de prudencia                       | Proporciona información sobre cómo manejar los productos con seguridad.  |
| Número UFI (Identificador único de fórmula) | Código que proporciona información importante sobre la toxicidad en caso de contacto indebido con la sustancia.  |

A continuación se muestra la *Figura 5.1*, donde se presenta un ejemplo de cómo se ve un etiquetado:



**Figura 5.1:** Ejemplo de etiquetado de un reactivo químico usado en la planta (CO).

### 5.3.3 Palabras de advertencia, consejos de prudencia y pictogramas

En este apartado se detalla información que se exige en el etiquetado de productos químicos.

Las frases S o consejos de prudencia y las frases R o riesgos específicos del producto son oraciones que describen de forma concisa. [22][23]

- Las frases S se centran en la seguridad, y aconsejan medidas de precaución.

Algunos ejemplos de frases S son:

- S1: Conservar bajo llave.
- S36: Usar ropa de protección adecuada.
- S9: Mantener el recipiente en un lugar bien ventilado.

- Las frases R se centran en los posibles riesgos o peligros asociados al producto.

Algunos ejemplos de frases R son:

- R34: Provoca quemaduras.
- R41: Riesgo de daños graves en los ojos.
- R52: Nocivo para los organismos acuáticos.

Los pictogramas son símbolos gráficos impuestos por el reglamento CLP que expresan peligros asociados tanto en la salud como en el medio ambiente.

Estos se expresan generalmente en forma de rombo con los alrededores rojos, donde el fondo se representa en color blanco para generar mayor contraste y llame la atención a simple vista.

Estos deben ser visibles y, por lo tanto, deben estar presentes en proporciones adecuadas según el envase empleado, con ese fin también deben tener un fuerte contraste para favorecer esa visibilidad.

Además, deben seguir las normas establecidas por el Sistema Globalmente Armonizado de la ONU para garantizar la uniformidad de los símbolos y así su entendimiento independientemente de la localidad.

Estos se clasifican según tres clases de peligro:

- Peligros a nivel ambiental.
- Peligros a nivel de salud.
- Peligros derivados de variables físicas.

Estas etiquetas son fundamentales en caso de emergencia, ya que permiten al profesional cualificado la correcta erradicación del problema según la información que se proporcione en ellas

Principalmente se clasifican en los siguientes tipos, tal como se muestran a la *Tabla 5.4*, extraída de una publicación de la Universidad Zaragoza, de la Unidad de Prevención de Riesgos Laborales en función de las propiedades peligrosas que presentan:

**Tabla 5.4:** Clasificación de símbolos por propiedades peligrosas.

| Símbolo   | Significado (Definición y Precaución)   |
|---|---|
|    | <b>Corrosivo</b><br><br><b>Definición:</b> Estos productos químicos causan destrucción de tejidos vivos y/o materiales inertes.<br><b>Precaución:</b> No inhalar y evitar el contacto con la piel, ojos y ropas.  |
|    | <b>Explosivo</b><br><br><b>Definición:</b> Sustancias y preparaciones que pueden explotar bajo efecto de una llama o que son más sensibles a los choques o fricciones que el dinitrobenceno.<br><b>Precaución:</b> Evitar golpes, sacudidas, fricción, llamas o fuentes de calor.   |
|    | <b>Comburente</b><br><br><b>Definición:</b> Sustancias que tienen la capacidad de incendiar otras sustancias, facilitando la combustión e impidiendo el combate del fuego.<br><b>Precaución:</b> Evitar su contacto con materiales combustibles.  |
|    | <b>Inflamable</b><br><br><b>Definición:</b> Sustancias y preparaciones que pueden calentarse y finalmente inflamarse en contacto con el aire a una temperatura normal sin necesidad de energía, o que pueden inflamarse fácilmente por una breve acción de una fuente de inflamación y que continúan ardiendo o consumiéndose después de haber apartado la fuente de inflamación, o inflamables en contacto con el aire a presión normal, o que, en contacto con el agua o el aire húmedo, emanan gases fácilmente inflamables en cantidades peligrosas.<br><b>Precaución:</b> Evitar contacto con materiales ignitivos (aire, agua). |
|  | <b>Gas</b><br><br><b>Clasificación:</b> Sustancias gaseosas comprimidas, líquidas o disueltas, contenidas a presión de 200 kPa o superior, en un recipiente que pueden explotar con el calor.<br><b>Precaución:</b> No lanzarlas nunca al fuego   |
|  | <b>Irritación cutánea</b><br><br><b>Clasificación:</b> Sustancias y preparaciones que por penetración cutánea, pueden implicar riesgos graves, agudos o crónicos en la salud.<br><b>Precaución:</b> Todo el contacto con el cuerpo humano debe ser evitado.   |
|  | <b>Tóxicidad aguda</b><br><br><b>Definición:</b> Sustancias y preparaciones que por inhalación, ingesta o absorción a través de la piel, provoca graves problemas de salud e incluso la muerte.<br><b>Precaución:</b> Todo el contacto con el cuerpo humano debe ser evitado.   |
|  | <b>Peligroso por aspiración</b><br><br><b>Definición:</b> Sustancias y preparaciones que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden implicar riesgos a la salud graves o agudos.<br><b>Precaución:</b> Debe ser evitado el contacto con el cuerpo humano, así como la inhalación de los vapores.  |
|  | <b>Peligroso para el medio ambiente</b><br><br><b>Definición:</b> El contacto de esa sustancia con el medio ambiente puede provocar daños al ecosistema a corto o largo plazo.<br><b>Manipulación:</b> Debido a su riesgo potencial, no debe ser liberado en las cañerías, en el suelo o el medio ambiente.   |

A continuación se muestra la *Tabla 5.5*, donde se exponen tanto los pictogramas como las frases S y R pertinentes a cada producto químico con el que se trabaja en la producción de fosgeno de la industria IsoNova:

Tabla 5.5: Identificación de riesgos de productos usados en la empresa para la producción del fosgeno.

| Identificación                       | Tipo de sustancia | Frases S                           | Frases R                           | Pictogramas  |
|--------------------------------------|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|
| Cloro ( $Cl_2$ )                     | Reactivos líquido | S7/8<br>S9<br>S26                  | R34<br>R23<br>R50                  |             |
|                                      | Reactivos gas     | S7/8<br>S9<br>S23<br>S36/37<br>S45 | R26<br>R34<br>R50                  |  |
| Monóxido de carbono (CO)             | Reactivos gas     | S9<br>S16<br>S45                   | R12<br>R20<br>R23                  |             |
| Tetrafluoruro de carbono ( $CCl_4$ ) | Secundario        | S23<br>S36/37<br>S45               | R23/24<br>/25<br>R36/38<br>R50     |     |
| Dióxido de carbono ( $CO_2$ )        | Secundario gas    | S7<br>S9<br>S37/39                 | R8<br>R20<br>R41                   |     |
| Fosgeno ( $COCl_2$ )                 | Producto líquido  | S7/8<br>S23<br>S9<br>S45<br>S36/37 | R20/21<br>/22<br>R26<br>R50<br>R34 |     |
|                                      | Residuo gas       | S61<br>S53                         | R12<br>R23<br>R26<br>R50<br>R34    |     |

Las frases correspondientes a cada abreviatura mostrada en la Tabla 5.5 son ejemplos cuyos significados se encuentran en los documentos técnicos específicos.

---

En el apartado de bibliografía se adjunta un documento en el que se recoge el significado de cada una de las frases mencionadas. [22]

## 5.4 Almacenaje

Una particularidad de esta primera parte del proyecto (la producción del fosgeno) es que no cuenta con ninguna sala de almacenaje. Esto se debe a varios motivos, principalmente porque el fosgeno es considerado una potencial arma química suponiendo un gran peligro por su elevada toxicidad. Es por esto que para producciones elevadas las leyes y normativas imponen fuertes restricciones.

Hay varias leyes y decretos que abordan esta temática, publicados en el BOE. Entre ellos destacan los siguientes:[24]

- Ley 17/2015: En esta ley se delimita la cantidad de fosgeno líquido que se puede almacenar, donde se especifica que por encima de las 50 toneladas deben notificar y tratar con medidas especiales, incluyendo inspecciones regulares.
- Real Decreto 656/2017 (Seveso III): Se centra en hacer que se establezcan medidas de emergencia y protocolos en caso de fugas para garantizar la salud y el bienestar ambiental.
- Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos (APQ): De nuevo este reglamento también se centra en garantizar la seguridad del entorno y de las personas, fijando límites y centrándose en medidas tanto de prevención como de actuación en caso de emergencia.

El incumplimiento de las normativas para el almacenaje del fosgeno puede comportar repercusiones legales y penales; como multas, sanciones penales e indemnizaciones.

En el caso que concierne a la empresa, la producción de fosgeno para producción de MDI, el fosgeno se produce in situ y directamente se emplea en las siguientes etapas del proyecto, evitando así la acumulación de este.

## 5.5 Señalización en planta

El propósito fundamental de las señales que va a tener la planta de producción de fosgeno va a ser proporcionar a todo el personal la información necesaria sobre las condiciones de seguridad dentro de la instalación y ayudar a evitar posibles accidentes.

Es importante comentar que la señalización actúa como un apoyo para las medidas preventivas, pero no sustituye los equipos de protección individual ni los sistemas de seguridad del proceso de producción implementados.

La normativa que regula la correcta señalización de seguridad y salud en el ámbito laboral está establecida en el Real Decreto 485/1997<sup>[3]</sup>, de 14 de abril, y en la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales<sup>[2]</sup>. Esta normativa define las responsabilidades y los requisitos necesarios para asegurar un nivel adecuado de protección de la salud de los trabajadores ante los riesgos relacionados con las condiciones de trabajo en IsoNova.

### 5.5.1 Colores de seguridad

Cada señal en IsoNova debe tener un color específico que transmita un significado claro relacionado con la seguridad. Estas señales, como sirven para aportar información al personal, deben ser visibles, dinámicas y fáciles de interpretar, mostradas en la *Tabla 5.6* más abajo.

Para que sean eficaces, es fundamental que sean utilizados colores primarios, ya que facilitan su identificación de manera más rápida para las condiciones de emergencia. Además, es crucial que sigan un formato estandarizado, lo que asegura que cualquier trabajador, independientemente de su experiencia, pueda reconocerlas de manera inmediata.

**Tabla 5.6:** Colores y significados de las señales de advertencia.

| Color    | Color de contraste | Significado                                  | Indicaciones adicionales  |
|----------|--------------------|--|---|
| Rojo     | Blanco             | Señalización de prohibición                  | Comportamientos peligrosos  |
|          |                    | Peligro-Alarma                               | Detención, alto y puesta en marcha de dispositivos de emergencia.<br>Evacuación |
|          |                    | Material y equipos de lucha contra incendios | Identificación y localización   |
| Amarillo | Negro              | Advertencia                                  | Precaución, peligro potencial, verificación                                     |
| Azul     | Blanco             | Señal de obligación                          | Uso obligatorio, EPI, acción requerida  |
| Verde    | Blanco             | Salvamento o auxilio                         | Salidas de emergencia, rutas de escape, primeros auxilios,                      |
|          |                    | Situación de seguridad                       | Fuera de peligro  |

## 5.5.2 Señalización en forma de panel

En la planta, las señales de seguridad más comunes combinan una forma geométrica, color y pictograma, proporcionando información clara y específica al personal de ella. Las principales características de estas señales son las siguientes:

- Forma y color: La geometría y el color de cada señal varían según el tipo de advertencia o instrucción que transmiten.
- Pictogramas: Deben ser lo más simples posible, evitando detalles que puedan generar confusión, asegurando que la información se transmita de manera rápida.
- Material: Las señales deben estar fabricadas con materiales resistentes a impactos, duraderos frente al paso del tiempo y capaces de soportar las condiciones medioambientales típicas de un entorno químico industrial.
- Dimensiones y visibilidad: El tamaño de las señales, junto con el uso adecuado de colores y pictogramas, debe garantizar que se vean con facilidad y se comprendan de forma inmediata sin tener que forzar mucho la vista ni pensar.

Al instalar estas señales, es importante tener en cuenta varios aspectos relacionados con su ubicación y visibilidad:

- Altura y posición: Las señales deben colocarse a una altura adecuada y en una posición óptima para que sean fácilmente visibles, teniendo en cuenta posibles obstáculos, riesgos o equipos que deben ser señalizados.
- Iluminación: Deben estar bien iluminadas, y por si la iluminación general no es suficiente, se le añade luz adicional con fluorescentes encima de ellas para asegurar que se vean claramente.
- Distribución: No se deben agrupar demasiadas señales en un solo lugar, ya que esto podría confundir al personal y disminuir su efectividad.

### **5.5.2.1 Señalización de advertencia**

Este tipo de señales que se utilizarán en planta, tienen una forma triangular, con el fondo de color amarillo y un pictograma negro como se aprecia en la *Figura 5.2*. El color amarillo tiene que cubrir, al menos, la mitad de la superficie de la señal, ya que su función principal es advertir sobre la presencia de un riesgo o peligro en el área y así, tiene la superficie suficientemente visible.

Para las señales que indican la presencia de materias nocivas, el fondo debe ser de color naranja. Esto se implementa para evitar confusiones con otras señales que se utilizan comúnmente en el tráfico vial. La distinción entre los colores es crucial para asegurar que los trabajadores puedan identificar correctamente los riesgos específicos relacionados con las sustancias químicas peligrosas en la planta con las que se trabaja.



**Figura 5.2:** Señales de advertencia.

Tal y como se puede observar, la implementación de las señales evitirá accidentes graves. La señal de materiales inflamables se deberá colocar cerca de las tuberías donde circule dicho material, por ejemplo, monóxido de carbono, ya que es un gas inflamable y en caso de fugas podría causar incendios.

La señal de materiales explosivos y la de materiales tóxicos se deberá colocar en la zona del reactor y las zonas donde circule el cloro y el fosgeno.

Otro ejemplo sería la señalización de riesgo eléctrico, donde se colocará en los paneles de control, bombas, compresores y sistemas de refrigeración.

### **5.5.2.2 Señalización de prohibición**

Este tipo de señales, tienen una forma redondeada y un pictograma de color negro como las anteriores sobre un fondo blanco. Los bordes y una banda diagonal descendente, que atraviesa el pictograma de izquierda a derecha, son de color rojo.

Es importante que el color rojo cubra al menos un cuarto de la superficie total de la señal. La función principal de estas señales identificadas en la *Figura 5.3* es prohibir cualquier comportamiento que pueda generar un peligro, alertando al personal de la planta para evitar acciones que puedan comprometer la seguridad hacia ellos.



**Figura 5.3: Señales de prohibición.**

En la planta, la señalización de prohibido fumar y encender fuego va a estar colocada en sectores de toda la planta industrial, ya que se maneja producto inflamable.

Otra señal donde irá colocada alrededor de la planta va a ser la entrada prohibida a personas no autorizadas, ya que solamente se dejará entrar a personal capacitado donde deberá tener acceso con una tarjeta reconocible.

Otra señal importante de gestionar será la de no tocar, donde se va a colocar cerca de las tuberías, ya que alcanzarán temperaturas elevadas o podrán estar contaminadas de reactivos.

### **5.5.2.3 Señalización de obligación**

Las siguientes tienen una forma redonda con un pictograma blanco, en este caso, sobre un fondo azul y, el color azul de estas señales debe cubrir, al menos, la mitad de la superficie de la señal.

La función principal de las señales de la *Figura 5.4* es obligar a los trabajadores a realizar un comportamiento específico, indicando acciones que deben cumplirse para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento de la planta sin producir ninguna incidencia.



**Figura 5.4:** Señales de obligación.

Estas señales irán colocadas en la salida de los vestuarios, y en cada entrada a la zona de la planta de producción a una altura que sea visible para personal.

### **5.5.2.4 Señalización relativa de los equipos contra incendios**

Las señales para los equipos contra incendios tienen una forma rectangular con un pictograma blanco sobre un fondo rojo. El color rojo va a tener que cubrir el 50% de la superficie de la señal mínimamente.

La función principal que tienen las señales de la *Figura 5.5* son indicar las salidas de evacuación más cercanas y señalar la ubicación de los elementos destinados a extinguir fuego, como extintores y otros equipos de emergencia, asegurando que el personal pueda actuar rápidamente en caso de una emergencia.



**Figura 5.5:** Señales con referencia a los equipos de lucha contra incendios.

Estas señalizaciones serán colocadas al lado de los equipos mencionados en la figura a la altura visible del personal.

### **5.5.3 Señalización de salvamento y socorro**

Seguidamente, estas tienen una forma rectangular o también cuadrada con un pictograma blanco sobre un fondo verde tal y como se ve en la *Figura 5.6*. Es fundamental que el color primario cubra al menos el 50% de la superficie de la señal.

La función principal de estas señales es indicar rutas de escape y proporcionar información sobre puntos de salvamento, como salidas de emergencia, equipos de primeros auxilios y otras áreas relacionadas con la seguridad, garantizando así que el personal pueda encontrar rápidamente una vía de salida o asistencia en caso de emergencia donde, por lo tanto, van a tener que estar ubicadas cerca de esa ruta de escape.



**Figura 5.6:** Señales de salvamento y socorro.

Estas señalizaciones serán colocadas al lado de los equipos mencionados en la figura a la altura visible del personal.

#### 5.5.4 Señalización luminosa

Una señal luminosa es un dispositivo que emite luz a través de materiales translúcidos, creando una superficie luminosa visible. En la planta de producción, estas señales deben cumplir con ciertos requisitos y características para garantizar su efectividad:

- Contraste luminoso: La luz emitida debe generar un contraste adecuado, y su intensidad debe ser suficiente para ser percibida sin causar deslumbramiento.

- Superficie luminosa: Tendrá un color uniforme e incluirá un pictograma que refuerce su mensaje.
- Evitar confusiones: No se deben utilizar dos señales luminosas al mismo tiempo que puedan generar confusión de interpretación.
- Señales continuas e intermitentes: Si un dispositivo puede emitir señales de manera continua o intermitente, se debe emplear la señal intermitente para indicar un mayor grado de peligro en comparación con la señal continua.
- Revisiones especiales: Las señales luminosas utilizadas en situaciones de peligro grave deben ser revisadas periódicamente y contar con recambios para asegurar su correcto funcionamiento.

### **5.5.5 Señalización acústica**

Una señal acústica es un aviso sonoro codificado que se emite y se difunde a través de un dispositivo adecuado, sin la intervención de voces humanas. En IsoNova, las señales acústicas cumplen con las siguientes características y requisitos:

- Audibilidad: La señal acústica debe ser claramente percibida sin resultar molesta, y no debe utilizarse en entornos donde el ruido ambiental sea demasiado intenso.
- Identificación: El tono de la señal, su duración, intervalo y la agrupación de los impulsos deben permitir una buena identificación por parte del personal.
- Simultaneidad: No se deben utilizar dos señales acústicas al mismo tiempo, ya que esto puede causar confusión.
- Señales de evacuación: El sonido de una señal destinada a la evacuación debe ser constante para garantizar que se reconozca en todo momento rápidamente.
- Grado de urgencia: Para una misma señal acústica, las que presentan un tono o una intensidad intermitente indicarán un mayor grado de peligro en comparación con las señales de intensidad continua.

## **5.5.6 Señalización gestual**

Las señales gestuales son movimientos específicos de los brazos o las manos que se utilizan de manera codificada para comunicar a las personas sobre maniobras que presentan un riesgo para los trabajadores en la planta.

Para garantizar la correcta ejecución de estas señales, se deben seguir una serie de reglas:

- Visualización: El encargado de realizar las señales debe poder desarrollarlas sin estar en peligro. Las señales deben ser precisas, fáciles de ejecutar y distinguibles de otras señales.
- Uso de los dos brazos: Se deben utilizar ambos brazos simultáneamente de forma simétrica para una sola señal gestual.
- Dedicación: El encargado de las señales debe concentrarse exclusivamente en dirigir las maniobras y asegurar la seguridad de los trabajadores cercanos en ese momento.
- Suspensión de maniobras: El operador debe detener la maniobra al encargado de realizarlas y solicitar nuevas instrucciones si no puede seguir las órdenes recibidas.
- Identificación clara: Dicho encargado debe ser fácilmente reconocible por el operador de la planta.
- Elementos de identificación: El encargado llevará elementos de identificación apropiados, uno de ellos será una chaqueta amarilla fluorescente y del mismo patrón para todos ellos. Estos elementos serán utilizados exclusivamente por el personal responsable de las señales para evitar confusión.

A continuación, se presentarán las diferentes figuras que ilustran las señales gestuales comentadas en la *Tabla 5.7* a continuación.

**Tabla 5.7:** Códigos de las señales gestuales.

| Significado                       | Descripción  | Imagen  | Significado   | Descripción   | Imagen  |
|-----------------------------------|--|---|---|---|---|
| Comienzo y atención               | Los dos brazos extendidos de forma horizontal y las palmas de las manos hacia delante. |    | Retroceder  | Los dos brazos doblados, las palmas de las manos hacia el interior y los antebrazos se mueven alejándose del cuerpo.                |    |
| Final de movimiento, interrupción | El brazo derecho extendido hacia arriba y la palma de la mano hacia delante.           |   | Hacia la derecha respecto al encargado de las señales   | El brazo derecho extendido horizontalmente haciendo movimientos indicando la dirección y la palma de la mano derecha hacia abajo.   |   |
| Final de las operaciones          | Las dos manos juntas. A la altura del pecho.   |  | Hacia la izquierda respecto al encargado de las señales | El brazo izquierdo extendido horizontalmente haciendo movimientos indicando la dirección y la palma de la mano derecha hacia abajo. |  |
| Izar                              | El brazo derecho extendido hacia arriba y la palma de la mano describe un círculo.     |  | Distancia horizontal                                    | Las manos indican la distancia.   |  |

|                    |  |  |                                  |   |   |
|--------------------|--|--|----------------------------------|---|---|
| Bajar              | Brazo derecho extendido hacia abajo con la palma de la mano derecha hacia el interior describiendo un círculo. |   | Peligro.<br>Parada de emergencia | Los dos brazos extendidos hacia arriba con las palmas de las manos hacia delante. |  |
| Distancia vertical | Las manos indican la distancia.  |   | Rápido                           | Los gestos codificados referidos a los movimientos se hacen con rapidez.          | -   |
| Avanzar            | Los dos brazos doblados, las palmas de las manos hacia el interior y los antebrazos se mueven hacia el cuerpo. |  | Lento                            | Los gestos codificados referidos a los movimientos se hacen lentamente.           | -   |

### 5.5.7 Señalización de conducciones

La norma UNE-1063<sup>[7]</sup> regula la identificación de las sustancias que circulan por tuberías no enterradas en la instalación utilizando el código de colores proporcionado en la *Figura 5.7*. Este sistema de colores ayuda a caracterizar las sustancias transportadas y proporciona información esencial sobre los peligros asociados a las mismas.

Los elementos principales del sistema de señalización son el color base, la placa indicadora y el panel de peligro. El color base de la tubería indica la naturaleza de la sustancia transportada como agua, gas o productos químicos.

En cuanto a los métodos de identificación, se pintará toda la tubería con el color que corresponda según la norma, lo que facilita la identificación visual rápida.

| 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 5.7: Señalización de tuberías.**

## 5.6 Primeros auxilios

Los primeros auxilios son algo fundamental dentro de las industrias, ya que permiten a los empleados actuar con rapidez en caso de que suceda algún incidente, dándoles las herramientas necesarias para ello.

En este bloque se hace referencia a la Ley 31/1995 de prevención de riesgos laborales en la cual se obliga a las empresas a tener un plan de emergencia diseñado y la formación del personal sobre primeros auxilios.

También al Real Decreto 39/1997 en el cual se remarca que dentro de las diversas áreas de trabajo debe haber trabajadores equipados con formaciones adecuadas. Y otras como la Ley 17/2015 sobre seguridad industrial.

### 5.6.1 Principios de actuación en caso de emergencia

Los principios de actuación van determinados por el protocolo PAS, promovido por las agencias de salud y de emergencia. Este protocolo debe ser enseñado a los empleados como parte de una formación básica en primeros auxilios realizada por cada empresa.

El nombre del protocolo simplifica su significado expresado en siglas:

1. Proteger: Ante un incidente donde hay heridos, lo primero de todo es asegurar que el entorno no ponga en peligro la seguridad de la propia víctima o de aquel que lo socorra. Por lo tanto, se debe hacer un rápido análisis de la situación para evaluar si es necesario desplazar a la víctima o si, por lo contrario, no hay riesgo en el entorno, por lo que la atención se le deberá dar en el mismo sitio donde sufrió el daño.

Es importante remarcar que si no hay riesgos se debe mantener a la víctima en una posición adecuada según el daño, y nunca se le deben realizar movimientos del cuerpo si se sospecha de alguna rotura o posibles daños internos, puesto que podría empeorar la lesión.

2. Avisar: Una vez esté asegurado el entorno se debe informar a emergencias, llamando al 112 y proporcionando la siguiente información:

- Localización de la víctima y contexto del incidente.
- Cantidad de víctimas.
- Estado de la víctima: En este caso debe explicarse cómo se ve, si sufre alguna hemorragia, si está consciente o no, si respira.
- Informar sobre cómo ha ocurrido el accidente con mayor precisión

Finalmente debe facilitarse el acceso al personal médico, abriendo puertas o dejando a algún trabajador pendiente de cuando llegará la ayuda para dirigirles hasta la víctima.

3. Socorrer: Una vez que los profesionales médicos están en camino se debe actuar en la medida de lo posible para limitar los riesgos de la persona, para ello se deberán aplicar primeros auxilios básicos de los que se dispongan conocimientos, y nunca se tratarán daños que sobrepasen los conocimientos del personal si esto puede agravar la situación de la víctima.

Entre los principales primeros auxilios se incluyen: Maniobra de reanimación cardiopulmonar en caso de no respirar (RCP), detención de hemorragias presionando con gasas estériles, entre otras.

## 5.6.2 Materiales de primeros auxilios

Es importante facilitar al personal el acceso a las herramientas necesarias frente a una emergencia.

Para ello se deben distribuir en distintos lugares de la planta los materiales de primeros auxilios necesarios y adecuados a la proporción de personas que trabajarán regularmente en el lugar. Además, estos deben estar correctamente señalizados para permitir un reconocimiento rápido de dónde se encuentran.

Principalmente los equipos serán:

- Botiquines médicos: Estos deben contener materiales básicos para poder atender a una víctima, como gasas, antisépticos, guantes, vendas, esparadrapo, suero fisiológico, colirios, tijeras, pinzas, manual de primeros auxilios.
- Mantas térmicas y mantas ignífugas.
- Desfibriladores.
- Duchas y lavaojos cerca de laboratorios y zonas donde pueda haber exposiciones con compuestos químicos.
- EPIS: Aunque no sean material médico en sí, son vitales en caso de que la zona no sea segura para atender a la víctima, en este caso deberá retirarse a una zona más segura y para ello el trabajador no debe exponerse al riesgo, por lo que deberá utilizar los EPIS necesarios para protegerse previamente.

### 5.6.3 Formación básica

Según las normativas mencionadas al inicio de este apartado es obligatorio que todos los empleados de la planta realicen cursos formativos sobre primeros auxilios, y sean capaces de reconocer peligros y actuar con rapidez y eficacia minimizando los riesgos.

Es en esta formación dónde debe enseñarse el método PAS explicado anteriormente, junto a una serie de normas que no deben realizarse, como:

- No se debe dejar a la víctima sola.
- No se debe alimentar o dar cualquier tipo de sustancia o medicamento a una víctima inconsciente sin consentimiento médico previo.
- No desplazar a la víctima si la situación no lo requiere.
- No realizar técnicas de las que no se disponga conocimiento médico si estas pueden agravar el estado del paciente.

---

Esta formación debe ser patrocinada totalmente por la empresa y debe incluir aspectos básicos como:

- Actuación ante emergencias: Exploración física de las constantes vitales de la víctima, técnicas básicas como la maniobra de Heimlich y la reanimación cardiopulmonar, detección de hemorragias.
- Emergencias asociadas a quemaduras.
- Emergencias asociadas a quemaduras químicas: En este caso el trabajador deberá buscar la ficha de seguridad (FDS) del producto químico con el que la víctima ha entrado en contacto y seguir las instrucciones sobre cómo actuar. También deberá llevar una copia del etiquetado y la ficha de seguridad a los médicos correspondientes.

#### **5.6.4 Procedimientos comunes de primeros auxilios**

En este apartado se explican brevemente los principales procedimientos que deben realizarse en cada situación de emergencia. Se especifican los más generales, como cortes, paradas cardiorrespiratorias y quemaduras, entre otras, y como se deben afrontar. Para esto se realiza la *Tabla 5.8* donde se muestra la explicación asociada:

**Tabla 5.8:** Procedimientos comunes de primeros auxilios.

| Tipo de accidente                    | Protocolo  |
|--------------------------------------|--|
| Golpes                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar mover a la víctima si se desconoce la gravedad de la lesión.</li> <li>- Evaluar los posibles daños y/o roturas.</li> <li>- Permanecer acompañado.</li> </ul>   |
| Parada cardiorrespiratoria           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobar si la persona respira, si no es así se deberán hacer 30 compresiones fuertes en el tórax y dos ventilaciones levantando la barbilla ligeramente.</li> <li>- Las ventilaciones son optativas, las compresiones no, y deben mantener el ritmo constante sin parar.</li> <li>- Si es un periodo de tiempo relativamente prolongado, se recomienda alternar a la persona que realiza las compresiones, ya que si se cansa y realiza menos fuerza no serán efectivas.</li> </ul> |
| Hemorragias                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevar la extremidad involucrada, por ejemplo levantando la mano o el brazo si es posible.</li> <li>- Realizar presión sobre la herida aplicando una o varias gasas estériles, siempre una encima de la otra sin retirar la anterior.</li> </ul>  |
| Salpicaduras en los ojos             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lavar el ojo durante 15 minutos en lavaojos y retirar lentillas en caso de tener.</li> <li>- Consultar la FDS del producto químico correspondiente.</li> <li>- Nunca frotar los ojos.</li> </ul>  |
| Quemaduras                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Poner la zona expuesta en agua a temperatura ambiente unos 15 minutos.</li> <li>- Recubrir la herida con una gasa estéril.</li> </ul>   |
| Intoxicación por inhalación de gases | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Asegurarse de que el entorno es seguro, si no lo es acercarse a la víctima con máscaras de gas y cualquier otro EPI requerido.</li> <li>- Sacar al exterior la víctima en un entorno ventilado. No dejarlo solo y darle atención sobre si pierde la conciencia.</li> <li>- Si deja de respirar aplicar RCP.</li> </ul>  |

## 5.7 Equipos de protección

En IsoNova, como se manejan sustancias químicas peligrosas, eso exige la implementación de equipos de protección individual para asegurar la salud y seguridad de los trabajadores.

Los EPIs se clasifican según la gravedad de los riesgos a los que protegen:

- Categoría I: Equipos que ofrecen protección frente a riesgos mínimos, como los guantes.
- Categoría II: Equipos que no están incluidos en las categorías I o III, destinados a proteger contra riesgos de nivel medio, no necesariamente irreversibles como, por ejemplo, los varios tipos de calzado de Seguridad en planta.
- Categoría III: Equipos diseñados para proteger contra peligros que pueden resultar en muerte o daños severos a la salud, como respiradores o filtros que protegen contra gases tóxicos de la planta.

Cabe destacar que los EPI deberán cumplir con la legislación vigente en cuanto a diseño y fabricación. Los equipos clasificados en las categorías I y II deben llevar el marcado CE, mientras que los de categoría III deberán incluir, además del marcado CE, un número de cuatro cifras que identifique al “organismo notificado” que otorgó dicho marcado.

El marcado CE debe estar presente ya sea en el propio equipo o en su envase, asegurando así su conformidad con los estándares de seguridad.

Los equipos de protección individual también se pueden clasificar según la localización de su efecto protector. A continuación, se clasificaron cada uno de ellos y se detallarán cuándo y cómo serán utilizados.

Hay que tener presente que es importante guardar adecuadamente todos los EPI para prevenir daños involuntarios, asegurarse de que estén ubicados en sitios

---

accesibles e inspeccionarse regularmente para posibles reparaciones, si fuera necesario donde se detalla más adelante.

### **5.7.1 Equipos de protección colectiva (EPC)**

Los sistemas de protección colectiva son todos los elementos o sistemas de prevención de daños capaces de prevenir accidentes al personal de forma generalizada.

Los componentes instalados en la industria con este fin se enumeran y describen a continuación:

- **Barandillas:** Indispensables en zonas donde la altura pueda suponer un riesgo en caso de caída, incluyendo escaleras, bordes elevados u otras estructuras elevadas.
- **Ventilación adecuada:** Importante en áreas cerradas con escasa ventilación natural, para evitar la acumulación de posibles vapores y para mantener las condiciones térmicas ideales para los trabajadores.
- **Sistemas de protección acústica:** En aquellas zonas en las que el ruido pueda afectar a la salud física y/o psicológica de los empleados a largo plazo.
- **Sistemas de alarmas:** Imprescindible en todas las zonas de la planta. Estas alarmas, activadas gracias a un complejo sistema de control e instrumentación, permiten a los empleados percibir y reaccionar con tiempo a posibles fallas operativas.
- **Sistemas anti incendio (extintores, puertas cortafuegos, señalizaciones anti incendio):** Permiten al personal prepararse y evacuar con seguridad en caso de incendio, minimizando así los riesgos hacia su salud.

## 5.7.2 Equipos de protección individual (EPI)

En IsoNova, como se manejan sustancias químicas peligrosas, eso exige la utilización de equipos de protección individual para asegurar la salud y seguridad de los trabajadores.

Los EPIs se clasifican según la gravedad de los riesgos a los que protegen:

- Categoría I: Equipos que ofrecen protección frente a riesgos mínimos, como los guantes.
- Categoría II: Equipos que no están incluidos en las categorías I o III, destinados a proteger contra riesgos de nivel medio, no necesariamente irreversibles como, por ejemplo, los varios tipos de calzado de Seguridad en planta.
- Categoría III: Equipos diseñados para proteger contra peligros que pueden resultar en muerte o daños severos a la salud, como respiradores o filtros que protegen contra gases tóxicos de la planta.

Cabe destacar que los EPI deberán cumplir con la legislación vigente en cuanto a diseño y fabricación. Los equipos clasificados en las categorías I y II deben llevar el marcado CE, mientras que los de categoría III deberán incluir, además del marcado CE, un número de cuatro cifras que identifique al “organismo notificado” que otorgó dicho marcado.

El marcado CE debe estar presente ya sea en el propio equipo o en su envase, asegurando así su conformidad con los estándares de seguridad.

Los equipos de protección individual también se pueden clasificar según la localización de su efecto protector. A continuación, se clasificarán cada uno de ellos y se detallarán cuándo y cómo serán utilizados.

### 5.7.2.1 Protectores de cabeza

Para asegurar la cabeza, se debe utilizar un casco adecuado que protege contra la caída de objetos. Este casco debe contar con un armazón resistente y un sistema de agarre que lo sujeté de manera segura.

---

Se tendrá que disponer como mínimo de un casco por trabajador, y el uso de éste será obligatorio en todas las áreas de la planta, salvo las zonas que corresponden a oficinas, vestuarios, laboratorios, etc. Estos se darán el primer día de trabajo y se guardarán en el vestuario correspondiente.

#### **5.7.2.2 Protectores de pies y piernas**

Para evitar lesiones en los pies y asegurar la comodidad durante toda la jornada laboral, es obligatorio el uso de calzado de seguridad profesional. Este tipo de calzado está diseñado con suelas antideslizantes y refuerzos metálicos en la puntera para proteger contra impactos y caídas de material.

Será imprescindible tener calzado de seguridad para todos los trabajadores de la planta, incluso para el personal de oficinas, donde se dará también por si se deberá de bajar en planta. El uso de este será obligatorio en todo momento dentro de la planta y se dará también el primer día de trabajo.

#### **5.7.2.3 Protectores de manos y brazos**

Para prevenir quemaduras, cortes o golpes en las manos, se deben utilizar guantes de seguridad cada vez que se quiera manipular algún objeto o equipo de la planta.

La elección del tipo de guante dependerá de la tarea específica que se realice. Unos de color negro para manejar superficies calientes y unos de color blanco para manejo estándar en planta. Deben ser flexibles, impermeables y resistentes a productos químicos.

Se dispondrá de la cantidad necesaria de guantes de cada tipo en todas las zonas donde se manipulen productos químicos, para garantizar la seguridad de todos los trabajadores que realicen esta actividad, ya que será obligatorio en todo momento.

#### **5.7.2.4 Protectores oculares y faciales**

Las gafas de seguridad son los mejores EPI para proteger los ojos y existirán también gafas de seguridad con graduación para las personas que lleven gafas de

---

ver. Además, se pueden utilizar pantallas de protección facial para proteger la cara de posibles salpicaduras.

Como de guantes, también se dispondrá de la cantidad necesaria de gafas de protección de cada tipo en todas las zonas de planta donde se manipulen productos químicos, para garantizar la seguridad de todos los trabajadores que realicen esta actividad, ya que será obligatorio en todo momento.

#### **5.7.2.5 Protectores de las vías respiratorias**

Si el ambiente laboral presenta polvos tóxicos o corrosivos, es indispensable el uso de equipos que protejan las vías respiratorias, como mascarillas según el tipo y la concentración de gases presentes de cada zona de la planta.

En la planta, ubicados con los guantes, gafas de seguridad y tapones, se dispondrá igual de mascarillas contra gases equipados con filtros químicos purificadores para proteger vías respiratorias en ambientes contaminados.

En casos donde los gases contaminantes puedan afectar también a la piel y los ojos, se utilizarán máscaras faciales completas.

Se dispondrán de varios modelos de máscaras según el tipo y la concentración de gases presentes en cada zona de la planta. Esto se debe a que los filtros de las máscaras ofrecen protección específica contra determinadas sustancias o clases de sustancias.

Por tanto, el tipo de filtro requerido dependerá de la concentración de contaminantes, del tamaño del elemento y de la actividad respiratoria del usuario.

Su uso será obligatorio en todas las tareas donde exista riesgo de inhalación de gases tóxicos que puedan causar irritación y dificultades respiratorias. Se deberá llevar la máscara en ambientes donde la concentración de productos químicos peligrosos sea suficiente para poner en peligro la salud del trabajador.

Además, la planta dispondrá de dos equipos de protección autónomos con cilindros de oxígeno en cada zona como medida de seguridad en caso de incendio o escape de gases.

Así pues, para elegir la protección respiratoria más apropiada en una planta de producción, es fundamental tener en cuenta diversos factores que afectan la selección del equipo más adecuado. Estos factores se agrupan en tres grandes categorías:

- Factores vinculados al riesgo:

- El nivel de oxígeno disponible en el entorno es determinante para decidir si se requiere un equipo autónomo de respiración o si puede emplearse un dispositivo filtrante.
- La naturaleza y concentración de los contaminantes presentes en el aire, ya que ciertos productos químicos pueden demandar filtros específicos o respiradores con mayor capacidad.
- El confinamiento del espacio, como áreas cerradas, donde la ventilación limitada aumenta el riesgo de acumulación de gases nocivos.
- La distancia y facilidad de acceso a un área segura, en especial si la evacuación rápida puede ser complicada.
- La comodidad física del equipo y las posibles restricciones de movimiento que puedan influir en el rendimiento del trabajador.

- Factores relativos al uso previsto de la protección:

- En uso continuo es cuando el trabajador deberá estar protegido durante todo el tiempo que permanezca en el área contaminada.
- Uso en situaciones de emergencia, que exige equipos capaces de brindar una respuesta rápida y eficiente.

- 
- Uso intermitente, cuando la protección solo es necesaria en ciertas operaciones específicas.

### **5.7.2.6 Protectores del cuerpo completo**

En IsoNova se contará con equipos de protección contra caídas. Habrá dos equipos completos disponibles para llevar a cabo labores de mantenimiento y reparaciones en los equipos para los mecánicos de la planta. El uso de estos equipos será obligatorio cuando la actividad implique un riesgo de caída.

Además, se tendrá un número suficiente de prendas de protección contra sustancias químicas y ropa adecuada para protegerse de temperaturas bajas, especialmente para los trabajadores de las áreas de producción. Esta protección será obligatoria en cualquier momento en que se manipulen o exista contacto directo con sustancias químicas peligrosas y se dispondrá de dos juegos de ropa para cada trabajador.

### **5.7.2.7 Protectores de oído**

En situaciones donde el ruido ambiental excede los niveles seguros de ruido para el trabajador, se deben utilizar protectores de audición para evitar daños en dicha audición de manera obligatoria, ya que así protegemos ante posible sordera del trabajador.

Se dispondrá de la cantidad necesaria de tapones en las mismas zonas donde habrá los guantes y las gafas de seguridad para garantizar la seguridad de todos los trabajadores en planta.

### **5.7.3 Mantenimiento de los EPIs**

Para garantizar una reposición efectiva de los Equipos de Protección Individual, es imprescindible establecer y mantener un registro exhaustivo de todos los EPI disponibles en la planta. Este registro tendrá información detallada tal como la siguiente.

- Fecha de fabricación de los EPI.

- Fecha de adquisición de cada EPI.
- Condiciones de uso recomendadas para su correcto funcionamiento y protección.
- Número de utilizaciones registradas (en su caso), para controlar el desgaste y la vida útil de los EPI.
- Fecha de caducidad de los EPI, si procede.
- Información del distribuidor autorizado o proveedor de confianza.

Este registro de seguimiento de los EPI facilita una gestión correcta de su uso y reposición, garantizando que siempre esté disponible el equipo adecuado para proteger a los trabajadores. Además, permite llevar un control detallado de la vida útil de los EPI y asegura el cumplimiento de las normativas de seguridad en el entorno laboral. Estos datos son esenciales para gestionar de manera eficaz las sustituciones y reposiciones necesarias, conforme a las indicaciones del fabricante. En la *Figura 5.8* se muestra un modelo de ficha para la gestión efectiva de los distintos EPI utilizados por los trabajadores de la empresa.

|                                |  |                                 |  |
|--------------------------------|--|---------------------------------|--|
| Nombre del EPI:                |  | Marca y modelo:                 |  |
| Empresa:                       |  | Centro de trabajo:              |  |
| Fecha de compra:               |  | Fecha de caducidad:             |  |
| Puesto/Área de trabajo de uso: |  | Riesgos del puesto:             |  |
| Instrucciones de uso:          |  | Instrucciones de mantenimiento: |  |
| *Adjuntar copia al documento.  |  |                                 |  |
| Observaciones:                 |  |                                 |  |

**Figura 5.8:** Ficha individualizada para cada EPI.

## 5.7.4 Normativa de los EPIs

En IsoNova, el uso de equipos de protección individual está regulado por dos Reales Decretos que establecen las normativas necesarias para asegurar la salud y seguridad de los trabajadores:

- Real Decreto 773/1997, del 30 de mayo<sup>[3]</sup>: Este decreto se centra en la seguridad y salud de los trabajadores. Establece las disposiciones mínimas que deben cumplirse para garantizar una adecuada protección durante la utilización de los EPIs.

Esto incluye directrices sobre la selección, uso y mantenimiento de los equipos para minimizar los riesgos en el entorno laboral.

- Real Decreto 1407/1992, del 20 de noviembre<sup>[8]</sup>: Este decreto aborda la seguridad del producto en relación con los EPIs. Define los requisitos que deben cumplir estos equipos, abarcando desde su diseño y fabricación hasta su comercialización. El objetivo es asegurar que los EPIs protejan efectivamente la salud y seguridad de los usuarios en la planta, especialmente considerando los peligros asociados con la manipulación de sustancias químicas peligrosas como el fosgeno.

## 5.8 Riesgos y accidentes a la industria química

### 5.8.1 Riesgos

En este bloque se tratan los potenciales peligros a los que se pueden ver condicionados los trabajadores, el entorno y las instalaciones de la empresa.

Por riesgo se entiende toda aquella acción o desencadenante que pueda provocar daños a un trabajador o afectar el entorno en algún sentido. El riesgo es una probabilidad, no un hecho, por lo tanto, la forma de actuar ante él es preventiva, tratando de minimizar su probabilidad.

Hay una gran variedad de riesgos, los cuales se clasifican según su origen o bien por el agente material causante. En las *Tablas 5.9 y 5.10* se muestran las principales características de cada tipo:

**Tabla 5.9:** Tipos de riesgos y sus características según su origen.

| Tipo de riesgo <sup>[28]</sup> | Características   |
|--------------------------------|---|
| Físicos                        | Factores del entorno que puedan afectar a la salud: Exceso de ruido, radiación, temperaturas extremas, iluminación.   |
| Químicos                       | Productos químicos que ante su exposición por contacto pueden causar daños en la salud.   |
| Biológicos                     | Microorganismos como virus o bacterias.   |
| Ergonómicos                    | Daños en el sistema muscular o esquelético del trabajador por posiciones incorrectas, golpes o levantamiento de peso excesivo.                                      |
| Psicosociales                  | Afectaciones en la salud mental de los empleados por malas condiciones laborales, estar sometidos a niveles de estrés o presiones elevados o por acoso o violencia. |
| Ambientales                    | Afectaciones debidas a climas extremos u otros fenómenos naturales como terremotos, maremotos, tormentas.   |
| Incendio y explosión           | Daños provocados por sustancias inflamables, combustibles o explosivas.   |

Es un hecho que no todos los riesgos mencionados anteriormente tienen el mismo peso en cuanto a probabilidad, y aunque en todos ellos se deben tomar medidas de

antemano para mitigar las consecuencias, hay algunos tipos que son menos controlables que otros, como sería el caso de riesgos ambientales.

**Tabla 5.10:** Tipos de riesgos y sus características según el agente material causante.

| Agente material causante | Ejemplos   |
|--------------------------|--|
| Locales de trabajo       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Paredes</li> <li>- Techos</li> </ul>                              |
| Equipos de trabajo       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Máquinas</li> <li>- Herramientas</li> <li>- Aparatos</li> </ul>   |
| Energías e instalaciones | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Electricidad</li> <li>- Gas</li> <li>- Aire comprimido</li> </ul> |
| Productos y sustancias   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Productos químicos</li> </ul>                                     |

Si bien es cierto que los accidentes por riesgos químicos imponen más por su contundencia y devastadoras consecuencias, no hay que menospreciar el resto de riesgos.

El impacto que genera una desviación de las condiciones normales de trabajo se debe catalogar en función del llamado *Código de Desviación* según la Guía técnica de señalización de seguridad y salud en el trabajo (Real Decreto 485/1997).

Este código se fracciona en cuatro grupos de incidencias según el agente causante de la anormalidad. Esta información se recoge en la *Tabla 5.11*:

**Tabla 5.11:** Clasificación de grupos de incidencias según el agente causante.

| Nomenclatura del grupo | Agente causante                                 |
|------------------------|---|
| D11-39                 | Problemas con el material                       |
| D41-59                 | Pérdida total o parcial de algo (como caídas)   |
| D61-79                 | Movimientos o gestos del cuerpo                 |
| D81-89                 | Un ser vivo es el agente activo en el accidente |

### **5.8.1.1 Caídas al mismo nivel**

Este tipo de riesgo es clasificado como uno de los más frecuentes dentro de una industria. Se caracteriza principalmente por causar daños tras resbalar, tropezar o golpearse con elementos en plano, sin diferencia de altura, como podría ser el suelo llano.

Este tipo de incidente puede provocar desde heridas leves, hasta fracturas o daños en articulaciones.

Los principales motivos que desencadenan este tipo de riesgo pueden ser diversos, como caminar sin prestar atención a posibles obstáculos en el recorrido o resbalar por suelo húmedo o mojado.

Las medidas a tomar promueven la disminución de este riesgo y son las siguientes:

- Buena iluminación de las estancias y pasillos.
- Señalizaciones pertinentes, tanto permanentes (para indicar si hay algún elemento en el camino) como ocasionales (por ejemplo si el suelo está mojado o si se ha derramado alguna sustancia).
- Promover al personal el prestar atención a su entorno, evitando distracciones.

### **5.8.1.2 Caídas a distinto nivel**

Este tipo de incidente se caracteriza por caídas a distintas alturas. Suele asociarse al uso de cualquier tipo de escaleras y frecuentemente producen consecuencias más destructivas que en caídas del mismo nivel; pudiendo incluir desde aberturas en la piel, golpes, roturas de hueso, lesiones cerebrales o incluso muerte.

Este riesgo se puede producir en el personal cuando deben pasar por escaleras de mano, fijas, móviles o incluso de evacuación, y aunque es menos frecuente que en caídas al mismo nivel, sus efectos no deben limitar su precaución.

Con el fin de minimizar este riesgo, se plantean las siguientes medidas:

- Construcción de los escalones con el dimensionamiento estándar de acuerdo al Código Técnico de la Edificación (CTE), específicamente el Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad (DB-SUA).
- Instalación de pasamanos y barandillas en las escaleras fijas.
- Utilización de EPI (como cascos) en las escaleras móviles.
- Instalación de cintas antideslizantes en cada escalón, para limitar el riesgo de resbalar.
- Colocación de alfombrillas en aquellas zonas donde hay riesgo de suelo mojado.
- Colocación de carteles en las escaleras alertando al operario sobre los riesgos de estas, promoviendo su desplazamiento en ellas de forma cautelosa y sin correr.
- Sistema de iluminación adecuado.

### **5.8.1.3 Riesgo de atrapamiento**

Este tipo de riesgo tiene lugar cuando un sujeto queda parcial o totalmente atrapado, aplastado o enganchado bien por una carga o por cualquier equipo u objetos.

Esto también puede suceder cuando hay algún mecanismo en movimiento, como engranajes o correas y también en lugares más alejados de equipos, como en zonas de carga o incluso entre puertas.

Este tipo de accidentes suelen suceder con frecuencia, y pueden tener consecuencias importantes en aquellos que lo sufren, entre las cuales destacan roturas, amputaciones o incluso muertes.

Los principales puntos clave que se toman para limitar este tipo de incidentes se muestran a continuación:

- Señalización en aquellas zonas donde se considere oportuno, como zonas de carga y descarga, donde hay mucho movimiento.

- Instalación de botones de emergencia u otros sistemas de detención de mecanismos que puedan causar este tipo de incidentes.
- Instalación de cubiertas o tapas de seguridad que impidan el acceso a aparatos que puedan causar daños y evitar la exposición de los operarios.
- Promocionar cursos de formación a carretilleros y otros empleados para concienciar de este tipo de riesgos y sean capaces de reconocer las señales de peligro y actuar con rapidez.
- Restringir ropa o accesorios que puedan quedar atrapados en los mecanismos de la maquinaria.
- Utilización de los EPI reglamentarios.

#### **5.8.1.4 Riesgo de caída de objetos**

Este riesgo se vincula en especial a la zona de carga y descarga, aunque no exclusivamente. Sigue con alta frecuencia y las consecuencias son muy variadas, aunque generalmente de menor intensidad respecto al atrapamiento.

Incidentes de este tipo suelen implicar desde heridas superficiales o moratones hasta fuertes cortes o golpes, lesiones cerebrales o muscular-esqueléticas, o en el peor de los casos muerte.

Este tipo de riesgo se vincula a objetos que caen desde cierta altura, ya sean herramientas de trabajo, estructuras o paquetes u otros materiales.

Las medidas de reducción de este tipo de incidentes se muestran a continuación:

- Uso obligatorio de los EPI adecuados, incluyendo el uso generalizado del casco de protección.
- En la medida de lo posible tratar de evitar desplazar materiales o grandes estructuras a alturas elevadas.
- Instalación de señalizaciones que adviertan en las zonas donde es más frecuente este tipo de riesgo.

- Implementación de otras medidas de seguridad, como mantener sujetas las herramientas con cordones u otras formas evitando que se caigan si se resbala de la mano del operario.
- Implementación de rejas en aquellas zonas donde la caída de objetos pueda ser muy frecuente.
- Realizar tareas de mantenimiento adecuadas, comprobando la estabilidad de los equipos, estanterías y cualquier mueble o estructura que suponga un riesgo.

#### **5.8.1.5 Riesgo por sobreesfuerzos**

Estos incidentes suelen ocurrir en zonas donde es frecuente manipular pesos excesivos, donde el trabajador sobre pasa su capacidad física generando consecuencias en su salud.

Esto a menudo conlleva daños tanto musculares como en articulaciones y ligamentos. Las estructuras que suelen verse dañadas por este riesgo son especialmente la espalda y las rodillas.

Las medidas preventivas para este caso son las mencionadas a continuación:

- Promover la participación en cursos formativos sobre técnicas de levantamiento de cargas, para limitar posturas que puedan favorecer este tipo de daño.
- Realizar revisiones médicas periódicas a los empleados más expuestos a un tipo de trabajo manual.
- Proponer el uso de fajas o prendas compresoras para la espalda.
- Emplear cuando sea necesario, carretillas o cualquier vehículo diseñado para la carga de grandes cantidades de masa.

### **5.8.1.6 Riesgo por proyección de partículas o salpicaduras**

Este tipo de riesgo se produce o bien cuando una sustancia entra en contacto con un trabajador de la planta o cuando parte de un equipo o estructura se rompe o falla, expulsando parte de su contenido a un trabajador.

Los accidentes de este tipo son altamente frecuentes y se deben separar en dos tipos:

Por un lado, la posibilidad de que la sustancia con la que se entra en contacto sea química, y por otro que no lo sea, pero esté en condiciones físicas cuyo contacto pueda resultar nocivo.

- Contacto con una sustancia química: Este tipo de sustancias suelen generar mayores consecuencias en general. Es importante que el operario sea consciente del tipo de sustancia con la que está tratando, revisando el etiquetado de aquello que manipule de antemano.
  - A este tipo de riesgo se exponen: Personal que manipule equipos donde se contengan productos químicos, personal de laboratorio.
- Contacto con una sustancia no química: Esto puede ser, por ejemplo, vapor sobrecalentado o productos que de por sí no necesariamente suponen un riesgo directo al contacto, pero pueden llegar a tener consecuencias de gran seriedad si las condiciones físicas como la presión o la temperatura son extremas.
  - A este tipo de riesgo se exponen: Personal que manipule equipos como bombas, compresores o realice mantenimientos de estos equipos.

Los daños que pueda producir este riesgo son muy variados según la sustancia en cuestión y la cantidad. Puede producir quemaduras de distintos grados, irritación, pérdida de la visión o incluso muerte. La zona más frecuente donde puede experimentarse este accidente es en los ojos.

---

Las precauciones que se toman en este caso son similares y se muestran a continuación:

- Utilización de EPIS adecuados, como guantes, ropa adecuada y gafas de protección.
- Participación obligatoria a cursos formativos para concienciar de los posibles peligros de la manipulación de los equipos y de las sustancias y cómo manejar posibles accidentes.
- Instalación de duchas de seguridad y sistemas de lavado, incluyendo colirios de irrigación o estaciones de lavado ocular.
- Señalización en aquellas zonas donde pueda aumentar el riesgo de contacto con sustancias, tanto por salpicadura como por proyección.

#### **5.8.1.7 Riesgo por contaminación aérea**

Este riesgo es mucho menos probable respecto a los anteriores, y en general este riesgo está asociado a una fuga en el contenido de algún equipo. Dado que se trabaja con una industria química y en especial con sustancias corrosivas, es importante tener un plan de emergencia ideado en este contexto.

Los principales efectos que podrían desencadenar en un trabajador el hecho de inhalar una sustancia depende de su naturaleza y propiedades, pero puede comprometer su salud. Es por ello que se deben instaurar una serie de ideas para prevenir cualquier incidente de este estilo:

- Uso obligatorio de los EPI en zonas cercanas donde podría haber exposición, entre ellas una máscara de gas.
- Sistemas de emergencia en caso de fuga, alertando y provocando una evacuación del personal.
- Sistemas de seguridad impulsados por sistemas de control, para la detención de la fuga en caso de ser posible.

- 
- Sistemas de emergencia en el reactor, como discos de ruptura, asociados a un sistema o un scrubber evitando que la sustancia se derrame o contamine el ambiente.

### **5.8.1.8 Riesgo eléctrico**

Este riesgo está vinculado a la posibilidad de que una sobrecarga o anomalía en la cantidad de electricidad genere un aumento local en la temperatura del cableado provocando la formación de una chispa, actuando esta como la energía de activación para un incendio o una explosión.

Esto es muy importante tenerlo en cuenta a lo largo de toda la planta, en especial en aquellas zonas más sensibles, donde haya sustancias o condiciones que favorezcan el riesgo, las zonas clasificadas.

Las consecuencias de esto pueden implicar de varias formas a los trabajadores, entre ellas quemaduras por descargas eléctricas, quemaduras por el incendio generado, o muerte.

La intensidad del daño puede variar en función del tipo de contacto que haya experimentado el operario:

- Directo: Contacto con elementos a baja tensión.
- Indirecto: Errores en el funcionamiento del sistema eléctrico provocan que el contacto sea a baja tensión aunque en esa zona no debería ser así.
- Arcos eléctricos: Descarga que salta entre dos puntos, pudiendo generar una descarga al operario.
- Electrocución: La persona en cuestión recibe directamente la descarga eléctrica.

En este caso las medidas a tomar deben ser muy estrictas para prevenir accidentes de esta magnitud:

- Se deben usar zapatos, guantes y ropa adecuada cerca de instalaciones eléctricas, con suelas aislantes.

- Uso de materiales aislantes que recubren equipos eléctricos.
- Mantenimiento adecuado del sistema eléctrico y revisiones periódicas.
- Evitar líquidos o sustancias explosivas cerca del cableado.
- Realizar conexiones a tierra evitando así que la electricidad circule hacia el suelo en caso de accidente, tal como indica la Norma UNE 20460 de diseño de instalaciones eléctricas.
- Sistemas de parada de emergencia, como botones o sistemas de control para detener la energía en caso de necesitarlo.
- Uso de interruptores diferenciales, que desconectan el suministro eléctrico en caso de anomalías.

### **5.8.1.9 Exposición al sonido**

Algo importante a tener en cuenta es el sonido al que se exponen los trabajadores a diario. Para evaluar el entorno y garantizar la seguridad y el bienestar de los empleados es fundamental tener en cuenta el ruido. Con este fin y aplicando la directiva 2003/10/CE y el Real Decreto 286/2006 donde se establecen los límites de exposición al ruido se expresa que el límite de exposición deben ser 85 dB.

Como consecuencias a este riesgo se asocian malestares tanto físicos, como la pérdida auditiva como psicológicos, ya que pueden aumentar los niveles de estrés y ansiedad, y eso a la vez puede aumentar la posibilidad de que se cometan más errores laborales.

Las medidas a tomar en este caso son las siguientes:

- En las zonas donde el ruido sea considerable es necesario utilizar auriculares o cascos de protección y reducción del sonido.
- Se debe formar al personal advirtiendo de los peligros que conlleva estar expuestos por largos periodos a sonidos elevados.

- Si los sonidos son considerablemente elevados y es incómodo realizar actividades con normalidad se deberá considerar un aislamiento del sonido en salas especiales o barreras acústicas.
- Revisiones médicas periódicas para el personal expuesto a estos sonidos para garantizar su bienestar.

### **5.8.2 Riesgo de explosión**

Otro riesgo importante a tener en cuenta en el sector industrial es el de explosión, que difiere del de incendio principalmente por la velocidad, expansión y violencia de la energía.

Este riesgo se asocia a fuertes consecuencias tanto para el personal como para el medioambiente y el entorno en general.

Pese a no ser de una probabilidad elevada, ya que se enfocan muchos recursos a la limitación de este riesgo, sus consecuencias son muy visibles y pueden conllevar muchas muertes, por lo que es importante no subestimar.

Para comprender cómo abordar este tema se debe mencionar los diferentes tipos de explosión que hay y cuáles son sus consecuencias:

La primera clasificación se realiza en función de si el producto causante es de origen químico o físico: [27]

- Explosión química: Sigue cuando se descontrola una reacción exotérmica, la cual provoca un aumento repentino de la temperatura, ya que libera una enorme cantidad de energía.
- Explosión física: Sigue cuando hay una desintegración súbita de un material como consecuencia a un acto físico, como la rotura de un tanque a presión.

La segunda clasificación se realiza en función de las condiciones de la explosión, es decir, a la velocidad a la que esta sucede:

- Detonación: En este tipo de explosiones la velocidad de propagación se caracteriza por ser superior a la velocidad del sonido (supersónica).
- Deflagración: En este tipo de explosiones la velocidad de propagación se caracteriza por ser inferior a la velocidad del sonido (subsónica).

En general, las deflagraciones suelen causar menor daño respecto a las detonaciones, principalmente porque en las detonaciones la presión aumenta muy bruscamente, incrementando los daños colaterales a la propia explosión.

Estas explosiones pueden suceder en distintos contextos, por ejemplo:

1. Explosiones confinadas: Ocurren dentro de la nave industrial o en otras zonas cerradas, y pueden ser devastadoras especialmente si hay grandes cantidades de objetos los cuales pueden ser arrastrados por las ondas expansivas.

Si ocurre sin obstáculos, por ejemplo en el interior de un recipiente, lo que ocurrirá será que tanto el techo como las paredes de este se desplazarán de lugar.

2. Explosiones no confinadas: Este tipo de accidente suele ocurrir en el aire libre, al exterior, y suelen ser provocadas por fuentes de ignición como la electricidad o la fricción. Hay dos tipos:

- Explosión de nube de vapor no confinado (UVCE): Suelen ocurrir en zonas donde se trabaja con líquidos volátiles.
- Explosión por ignición de polvos combustibles en suspensión: Partículas de polvo combustible entremezcladas con el aire. Esto suele ocurrir con sustancias como fosfatos, plásticos, metales, silicatos, entre otros.

Los daños que pueden generar este tipo de incidentes son, por lo tanto, muy contundentes, yendo desde quemaduras importantes y golpes contra objetos hasta muertes.

---

Las medidas a tomar en cuenta en este caso son más complejas que algún otro tipo de riesgo, es por esto que se decide explorar más a fondo este tema con diversos apartados.

Con este fin, se empleará la Directiva ATEX 99/92/CE, ATEX 2014/34/UE y el Reglamento 305/2011 entre otras normativas importantes como el Real Decreto 681/2003 publicado en el BOE sobre medidas de prevención y protección en atmósferas explosivas.

El incumplimiento de estas normativas puede llegar a comportar sanciones legales importantes y aumentar el riesgo del personal, los equipos y del entorno.

### **5.8.2.1 Zonas ATEX**

Este bloque se destina a la evaluación y detección de aquellas localizaciones de la planta que puedan generar atmósferas explosivas, con el fin de adecuar el entorno limitando la posibilidad de accidentes.

Las zonas ATEX, por lo tanto, pretenden clasificar las distintas áreas de la planta y categorizar el posible peligro asociado<sup>[26]</sup>, teniendo en cuenta factores como:

- Periodo de tiempo que la zona está en riesgo.
- Sustancia tratada en la zona.

Con este fin se emplea el Real Decreto 681/2003 con el objetivo de realizar una eficaz clasificación.

### **5.8.2.2 Clasificación de las zonas ATEX**

La clasificación de zonas ATEX varía en función de la sustancia a tratar, hay dos opciones y la nomenclatura de la zona variará según la fuente. En la *Tabla 5.12* se recoge la clasificación:

**Tabla 5.12:** Clasificación de las distintas zonas ATEX según la sustancia en cuestión.

| Sustancia       | Nomenclatura de la zona | Descripción   |
|-----------------|-------------------------|---|
| Gases y vapores | 0                       | La atmósfera explosiva está de forma continua o durante periodos de tiempo elevados.                            |
|                 | 1                       | La atmósfera explosiva está presente de forma intermitente o ocasional a lo largo de la operación en la planta. |
|                 | 2                       | La atmósfera explosiva está presente raramente y por periodos de tiempo muy reducidos.                          |
| Polvos          | 20                      | La atmósfera explosiva está de forma continua o durante periodos de tiempo elevados.                            |
|                 | 21                      | La atmósfera explosiva está presente de forma intermitente o ocasional a lo largo de la operación en la planta. |
|                 | 22                      | La atmósfera explosiva está presente raramente y por periodos de tiempo muy reducidos.                          |

Es importante identificar con facilidad qué equipos son ATEX, por lo que la señalización en este caso también se debe tener en cuenta tal como se muestra en la *Figura 5.9*:



Figura 5.9: Señalización de las zonas ATEX.

### **5.8.2.3 Zonas ATEX dentro de la empresa**

En la *Tabla 5.13* se recogen las distintas zonas ATEX reconocidas dentro de la industria. Las zonas que no se consideran con potencial para incluirlas no se muestran en la tabla con el fin de simplificar visualmente el contenido.

Tabla 5.13: Clasificación de las zonas ATEX de la planta.

| Zona planta | Equipos      | Definición               | Zona ATEX |
|-------------|--------------|--------------------------|-----------|
| A - 200     | Tanque mixer | Interior mixer           | 0         |
|             |              | Conexiones mixer         | 1         |
|             |              | Alrededores mixer        | 2         |
| A - 300     | Reactor      | Interior reactor         | 0         |
|             |              | Conexiones reactor       | 1         |
|             |              | Alrededores reactor      | 2         |
| A - 500     | Condensador  | Interior condensador     | 1         |
|             |              | Conexiones condensador   | 1         |
|             |              | Alrededores condensador  | 2         |
| A - 600     | Scrubber     | Interior Scrubber        | 1         |
|             |              | Conexiones Scrubber      | 1         |
|             |              | Alrededores del Scrubber | 2         |

Cabe destacar que en los casos mencionados no se detecta presencia de polvos, por esto la nomenclatura empleada corresponde a vapores.

### **5.8.2.4 Técnicas de prevención**

En las zonas donde el riesgo ATEX es mayor se deben implementar una serie de equipamientos y sistemas de control específicos para evitar posibles riesgos, a estos se les conoce como equipos ATEX, y incluyen una gran variedad de productos desde sistemas de control, válvulas, paneles de control hasta dispositivos portátiles como teléfonos o internas.

Estos equipos están diseñados para garantizar la seguridad en la planta.

Un ejemplo de su practicidad consiste en la electricidad permitida que circula, que es inferior al resto de equipos con el fin de no propiciar una posible fuente de ignición.

Otras técnicas de prevención incluyen:

- Ventilación adecuada en las zonas de riesgo, renovando el aire de la estancia para evitar la acumulación de substancias que puedan dar lugar a accidentes en caso de fuga. También instalar extractores para ayudar a esta eliminación.
- Mantenimiento y revisiones periódicas de la planta, asegurando el correcto funcionamiento de los equipos y del proceso.
- Conectar todos los equipos a tomas de tierra con el fin de conducir la electricidad hacia zonas seguras evitando sobrecargar la zona en peligro.
- Sistemas de control: Los instrumentos de control son esenciales en todo el proceso, independientemente de que sean clasificadas como zonas ATEX o no, pero en las zonas consideradas con este riesgo es muy importante reforzarlas con sensores y alarmas para tener en cualquier momento las condiciones de la zona y distintos lazos de control que permitan regular con eficacia parámetros como la temperatura para reducir posibles accidentes.
- Emplear ropa y EPIS requeridos en cada zona para limitar los riesgos a formar chispas, empleando ropa antiestática e ignífuga, sin ningún elemento capaz de producir chispas (como metálicos).

### **5.8.2.5 Técnicas de protección**

Las técnicas de protección son aquellos protocolos, equipos o acciones que mitigan o disminuyen el riesgo o consecuencias de atmósferas explosivas una vez se ha iniciado el proceso.

Entre los principales métodos de protección están:

- Contención de la zona afectada: Los equipos o zonas se deben aislar en caso de incendio o explosión para no extender o empeorar la situación.
- Sistemas de alarma para poder comprender la gravedad de la situación a tiempo y poder tomar las medidas pertinentes según convenga.
- Extinción de incendios: Las zonas deben equiparse con sistemas antiincendios para extinguir la ignición antes de que se produzca la explosión.

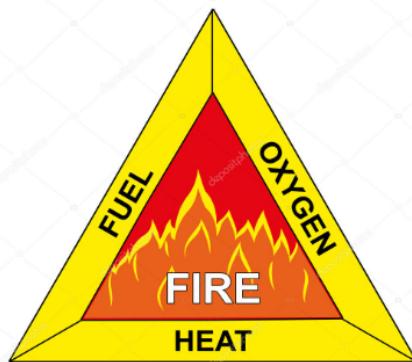
## **5.9 Seguridad contra incendios**

El riesgo asociado a incendios puede ser significativo en una planta química, implicando serias consecuencias desde daños materiales hasta vidas humanas.

Por esto se deben entender las condiciones que propician un incendio, para ser capaces de disminuir significativamente su probabilidad.

Con este fin se introduce con brevedad un extenso tema, en qué condiciones se produce un incendio y sus consecuencias.

Para comprender el comportamiento del fuego se debe hablar del triángulo o tetraedro de fuego <sup>[25]</sup>. A continuación se muestra este concepto de forma gráfica a través de la *Figura 5.10*:



**Figura 5.10:** Triángulo del fuego.

Este concepto permite comprender cuáles son los principales factores que contribuyen a la formación de un incendio.

- **Combustible (fuel):** Es la sustancia que arde, al reaccionar con el comburente produce calor.
- **Comburente:** Es la sustancia que provoca la oxidación del combustible. Usualmente, es el oxígeno presente en el aire, el cual debe estar en una proporción adecuada para poder contribuir a la formación de un incendio.
- **Energía de activación (comburent):** Es la mínima cantidad de energía necesaria para iniciar la combustión. Suele producirse por pequeñas acumulaciones energéticas locales, como chispas o un aumento de temperatura.

La energía de activación produce una reacción en cadena permitiendo escalar el incendio.

A menudo se emplean los diagramas de inflamabilidad, los cuales son una expresión más detallada del triángulo de fuego, adaptada para un componente específico en el cual se pueden observar las condiciones que propician la formación de un incendio.

Esto es fundamental porque facilita la comprensión de las condiciones a las que deben estar los combustibles para minimizar los posibles riesgos de incendio, permitiendo obtener valores límite de inflamabilidad.

Hay principalmente cuatro productos como consecuencia del fuego:

1. **Humo:** Son pequeñas partículas que se desprenden durante la combustión, tanto sólidas como líquidas. Suponen un alto riesgo por inhalación.
2. **Calor:** Energía liberada como consecuencia a la combustión, por su naturaleza exotérmica. Suponen un alto riesgo por contacto, produciendo importantes daños en el tejido comprometido.
3. **Llamas:** Gas visible producto de la combustión, emite luz y supone un riesgo por la elevada temperatura a la que se encuentran y por posibles sustancias químicas que incluya.
4. **Vapores:** Partes del combustible que han vaporizado. Esto puede ser peligroso por inhalación de ese combustible, el cual en muchos casos es tóxico, dañino o puede tener consecuencias serias en el sistema respiratorio.

### 5.9.1 Plan de prevención y protección contra incendios

Isonova tiene implementada una gran variedad de medidas contra incendios, tanto preventivas (como buena formación del empleado, señalización, protocolos de emergencia) como de protección en caso de ocurrir.

A continuación se desglosan los distintos métodos aplicados a la industria.

#### 5.9.1.1 Clasificación del tipo de incendio en planta

Es importante destacar que no todos los fuegos se desarrollan del mismo modo ni se comportan igual. Esto dependerá de la naturaleza que lo inicie y de las condiciones a las que se encuentre en el entorno. Aplicando la normativa UNE-EN-2-1994/A1:2005 se clasifican cinco tipos según el combustible, los cuales se muestran a continuación en la *Tabla 5.14*:

**Tabla 5.14:** Tipologías de fuego según el combustible involucrado.

| Clase | Combustible      | Descripción                                    |
|-------|------------------|--|
| A     | Sólido           | Fuego producido por sólidos, como el carbón.   |
| B     | Líquido          | Fuego producido por líquidos como la gasolina. |
| C     | Gas              | Fuego producido por gases como el gas natural. |
| D     | Metales          | Fuego producido por metales como el potasio.   |
| F     | Aceites o grasas | Fuego producido por aceites como el diesel.    |

En Isonova, la tipología de fuegos que puedan llegar a producirse son principalmente de tipo B debido a la presencia de monóxido de carbono en la planta, tanto en estado gas como líquido.

### **5.9.1.2 Protocolo de prevención en riesgo de incendio**

Es importante tener un protocolo de prevención de incendios, y para ello se deben tomar una serie de medidas que afecten directamente a los parámetros del tetraedro de fuego, limitando así el riesgo:

- **Combustible:** Para limitar que esta variable produzca incendios, se suelen instaurar sistemas de ventilación para evitar la acumulación de vapores en una área cerrada, o en caso de ser líquido se tratan de diluir para evitar que la concentración sea suficientemente elevada como para incrementar el riesgo.
- **Comburente:** Para limitar que esta variable produzca incendios, se suelen realizar operaciones de inertización, especialmente con nitrógeno.

- **Energía de activación:** Para limitar que esta variable produzca incendios, se suelen eliminar posibles focos de energía local. Con este fin se trabaja con equipos ATEX para evitar generar excedentes energéticos que puedan desencadenar en accidentes.

En este caso también deben tomarse medidas sobre otros tipos de energía, como la formación de electricidad estática o calor generado por fricciones.

Las condiciones que previenen su formación son las siguientes:

- Humedad relativa: 50%
- Toma tierra, para conducir a un lugar seguro el exceso de electricidad.
- Velocidad de los fluidos limitada: < 7 m/s

Los empleados deberán cursar una pequeña formación de concienciación, educación y formas de actuar respecto distintas situaciones producidas por fuego dentro de la planta, de forma que el personal reconozca salidas de emergencia, distribución de distintos dispositivos antiincendios y la importancia de comunicar tanto internamente como a servicios de emergencia en caso de incendio.

### **5.9.2 Medidas de protección contra incendios**

Las medidas de protección contra incendios para IsoNova son herramientas imprescindibles para tener en cuenta para la ejecución del proyecto.

Para obtener seguridad laboral y reducir los márgenes de siniestralidad, los empleados harán una formación de prevención y protección contra ellos, para tener conocimiento de cómo actuar en estos casos. Además de la formación, es responsabilidad de los profesionales encargados de realizar la obra y garantizar las medidas básicas contra incendios en su construcción, así como la presencia de las herramientas de prevención, detección, alerta y extinción del fuego.

A continuación, se presentan las medidas esenciales de protección contra incendios implementadas para prevenir posibles fuegos en la planta que se irán comentando cada una de ellas a continuación.

### **5.9.2.1 Mecanismos de extinción**

La extinción se logra evitando que el tetraedro del fuego llegue a formarse. Para ello actuaremos sobre los distintos elementos que forman dicho tetraedro con mecanismos como los expuestos a continuación:

- **Enfriamiento:** El fuego se extingue por enfriamiento del combustible; las moléculas del agente extintor absorben energía que se transforma en aumento de su temperatura y/o cambio de estado (vaporización) o en la rotura de los enlaces químicos entre sus átomos. La sustracción de dicha energía impide alcanzar la energía de activación de la reacción combustible-comburente o elimina la formación de vapores combustibles.
- **Retirada de aporte de combustible:** Una forma de sofocar el fuego es eliminando el combustible. Un ejemplo de este mecanismo es el efectuar el corte de suministro de líquido o gas combustible, cerrando una válvula de alimentación o la retirada de combustible no afectado por el fuego.
- **Dilución:** Se consigue disminuyendo la concentración de combustible con el objeto de impedir que se aporte en cantidad suficiente para mantener la combustión. Se puede considerar como un caso particular del apartado anterior. Un ejemplo es la aplicación de agua para diluir combustibles líquidos de tipo polar (alcoholes).
- **Sofocación:** Se logra interponiendo una barrera física entre el combustible o los vapores desprendidos por el mismo y el comburente, evitando el contacto entre ambos. Si en la combustión se genera oxígeno este método no es útil. Ejemplos de este mecanismo es la aplicación de mantas, la proyección de capas de espuma o cualquier otro método de confinamiento del fuego.
- **Inertización:** Se logra disminuyendo e incluso eliminando la cantidad o concentración de comburente. Si durante la combustión hay producción de oxígeno, este método no es efectivo.

---

Este sistema y el anterior están ligados y es de uso común denominar inertización a la acción preventiva consistente en la dilución del comburente previa a la iniciación del fuego, se considera como inertización el mecanismo de extinción que genera una zona de comburente diluido y sofocación al que genera una zona sin renovación de comburente.

- **Inhibición:** El fuego se extingue por inhibición desactivando químicamente los radicales libres intermedios y por desactivación física interponiendo moléculas del agente extintor entre las especies reactivas. Ambos efectos provocan la no continuidad de la reacción en cadena.

### **5.9.2.2 Agentes extintores**

Las normas de *protección contra incendios* es el *Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios*, conocido como *RIPC* [5], en su *capítulo III*, él mismo establece que en las edificaciones superiores a los 100 m<sup>2</sup>, los extintores deben ser instalados por compañías de sistemas de protección contra incendios.

También indica que deben estar ubicados cerca de las salidas de emergencia y en los sitios con mayor peligro de incendio. Así pues, deben estar correctamente señalizados, ser visibles, y fácilmente alcanzables.

A continuación, en la *Tabla 5.15*, se muestra el criterio para escoger el agente extintor adecuado siguiendo las indicaciones del UNE-EN 23010<sup>[8]</sup>.

**Tabla 5.15:** Tipo de agente extintor y tipo de extintores contra incendios.

| CLASES DE FUEGOS   | AGENTES EXTINTORES                          |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  | AGUA  | AFFF  | CO2   | POLVO ABC                                       | POLVO BC  | HCFC 123  | POLVO D   | AGUA VAPORIZADA                                 | ACETATO DE POTASIO                          |
|  A Materiales que producen brasas (madera, papel, cartón y otros).                  | <b>SI</b><br>Acción de enfriamiento         | <b>SI</b><br>Enfria y sofoca                            | <b>NO</b><br>No apaga fuegos profundos          | <b>SI</b><br>Se funde sobre los elementos       | <b>NO</b><br>No es específico para este uso     | <b>SI</b><br>Absorbe el calor                   | <b>NO</b><br>No es específico para este uso                           | <b>SI</b><br>Absorbe el calor                   | <b>SI</b><br>Absorbe el calor               |
|  B Líquidos inflamables (naftas, alcoholes, y otros).                               | <b>NO</b><br>Esparce el combustible         | <b>SI</b><br>Sofoca por medio de película de espumígeno | <b>SI</b><br>Sofoca por desplazar el oxígeno    | <b>SI</b><br>Rompe la cadena de combustión      | <b>SI</b><br>Rompe la cadena de combustión      | <b>SI</b><br>Rompe la cadena de combustión      | <b>NO</b><br>No es específico para este uso                           | <b>NO</b><br>No es específico para este uso     | <b>NO</b><br>No es específico para este uso |
|  C Equipos energizados eléctricamente.  | <b>NO</b><br>Conduce la electricidad        | <b>NO</b><br>Conduce la electricidad                    | <b>SI</b><br>No es conductor de la electricidad | <b>SI</b><br>No es conductor de la electricidad | <b>SI</b><br>No es conductor de la electricidad | <b>SI</b><br>No es conductor de la electricidad | <b>NO</b><br>No es específico para este uso                           | <b>SI</b><br>No es conductor de la electricidad | <b>NO</b><br>Conduce la electricidad        |
|  D Metales combustibles (aluminio, magnesio y otros).                               | <b>NO</b><br>No es específico para este uso | <b>NO</b><br>No es específico para este uso             | <b>NO</b><br>No es específico para este uso     | <b>NO</b><br>No es específico para este uso     | <b>NO</b><br>No es específico para este uso     | <b>NO</b><br>No es específico para este uso     | <b>SI</b><br>Es necesario utilizar el polvo adecuado para cada riesgo | <b>NO</b><br>No es específico para este uso     | <b>NO</b><br>No es específico para este uso |
|  K Elementos que involucran aceites y grasas de origen vegetal y mineral.           | <b>NO</b><br>No es específico para este uso | <b>NO</b><br>No es específico para este uso             | <b>NO</b><br>No es específico para este uso     | <b>NO</b><br>No es adecuado para este uso       | <b>NO</b><br>No es adecuado para este uso       | <b>NO</b><br>No es adecuado para este uso       | <b>NO</b><br>No es adecuado para este uso                             | <b>NO</b><br>No es adecuado para este uso       | <b>SI</b><br>Actúa por saponificación       |
| Extintores de incendios: Clasificación y tipos 3   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| AGENTES EXTINTORES: <span style="color: green;">■ SI</span> <span style="color: yellow;">■ NO ES RECOMENDABLE</span> <span style="color: red;">■ NO - PELIGRO</span> |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

A continuación, se definirán los tipos de agentes extintores de la *Tabla 5.15* para así, conocer sus funciones para cada clase de fuegos.

- **Agua:**

- **Función:** Utiliza el enfriamiento para apagar el fuego, eliminando el calor.
- **Clases de fuego:**
  - **A (Materiales sólidos):** Eficaz, ya que enfriá el material en combustión.
  - **B (Líquidos inflamables):** No recomendado; puede dispersar el combustible y empeorar el incendio.
  - **C (Equipos eléctricos):** Peligroso, ya que el agua conduce electricidad.
  - **D (Metales combustibles):** No específico ni recomendado.
  - **K (Aceites y grasas de cocina):** No recomendado ni específico.

- **AFFF (Espuma):**

- **Función:** Cubre el combustible con una película de espuma, sofocando el fuego.
  - **Clases de fuego:**
    - **A:** Efectivo, sofoca y enfriá el combustible.
    - **B:** Eficaz, sofoca el fuego y previene la salida de vapores inflamables.
    - **C, D, y K:** No recomendado o no específico.
- **CO<sub>2</sub> (Dióxido de carbono):**
- **Función:** Sofoca el fuego al desplazar el oxígeno.
  - **Clases de fuego:**
    - **A:** Eficaz en algunas situaciones, aunque no apaga brasas profundas.
    - **B:** Eficaz, al sofocar el fuego y eliminar el oxígeno.
    - **C:** Seguro y efectivo, no conduce electricidad.
    - **D y K:** No específico ni recomendado.
- **Polvo ABC:**
- **Función:** Actúa formando una capa sobre el combustible y rompe la cadena de combustión.
  - **Clases de fuego:**
    - **A, B y C:** Eficaz para todos ellos.
    - **D y K:** No específico ni recomendado.
- **Polvo BC:**
- **Función:** Rompe la cadena de combustión.
  - **Clases de fuego:**
    - **B y C:** Eficaz para ambos.
    - **A, D, y K:** No específico ni recomendado
- **HCFC-123:**
- **Función:** Absorbe el calor y rompe la cadena de combustión.
  - **Clases de fuego:**
    - **A, B y C:** Eficaz en los tres casos.

- **D y K:** No específico ni recomendado.
- **Polvo D:**
  - **Función:** Especializado para apagar fuegos de metales combustibles.
  - **Clases de fuego:**
    - **D:** Específico para fuegos de metales como aluminio y magnesio.
    - **A, B, C, y K:** No específico ni recomendado.
- **Agua vaporizada:**
  - **Función:** Enfria y reduce la temperatura del fuego.
  - **Clases de fuego:**
    - **A:** Eficaz, ya que absorbe el calor del fuego.
    - **B y C:** No recomendado ni específico.
    - **D:** No recomendado ni específico.
    - **K:** Moderadamente efectivo, pero no específico.
- **Acetato de potasio:**
  - **Función:** Actúa enfriando y saponificado grasas y aceites.
  - **Clases de fuego:**
    - **A:** Moderadamente efectivo.
    - **B y C:** No específico ni recomendado.
    - **D:** No específico ni recomendado.
    - **K:** Específico y altamente efectivo, ya que saponifica aceites y grasas.

### **5.9.2.3 Sistemas de protección activa**

La protección activa es la que tiene lugar cuando se ha producido un incendio, por lo que se requiere la instalación de los instrumentos necesarios de extinción de fuego para que el personal de la planta pueda intervenir.

La ubicación en planta de los dispositivos a instalar se detallarán a continuación y se recogerá en el correspondiente diagrama de implantación.

### **5.9.2.3.1 Detectores de humo, calor y timbres de emergencia**

Los detectores son un sistema compuesto por varios elementos que permiten identificar el inicio y la ubicación de un incendio de manera automática, sin necesidad de intervención humana. Esto facilita la toma de medidas adecuadas para combatir el fuego. De acuerdo con la NTP 40<sup>[6]</sup>, que proporciona una guía de buenas prácticas en la detección de incendios, se establece que en instalaciones industriales debe haber un sistema de detección y alarma de incendios. Estos sistemas deben ser suficientemente rápidos para permitir una respuesta a tiempo, evitando que el fuego cause daños graves. Los elementos principales de un sistema de detección automática son los siguientes:

1. **Central de señalización y control:** recibe la señal de alerta enviada por el detector o el pulsador manual e identifica la ubicación exacta del incendio, facilitando la localización de su origen.
2. **Detector de incendios:** un dispositivo que, a través de un sensor, monitorea fenómenos característicos de un incendio, como la presencia de humo, el aumento de temperatura, y la emisión de rayos infrarrojos y ultravioleta. Esta información se transmite a la central de señalización y control.
3. **Dispositivo de alarma:** emite una señal de alerta para advertir a los ocupantes del edificio, utilizando un sistema sonoro, visual o una combinación de ambos.
4. **Pulsador de alarma:** componente que, al ser activado manualmente, envía una señal de incendio a la central de señalización y control.
5. **Dispositivo de transmisión de alarma:** se encarga de enviar la señal de alarma desde la central de señalización y control hacia una central de recepción de alarmas.
6. **Central de recepción de alarmas:** lugar desde el cual se coordinan las acciones necesarias para la protección y combate del incendio.
7. **Sistema automático de protección contra incendios:** conjunto de equipos automáticos destinados a la detección y control de incendios.

- 
8. **Fuente de alimentación del sistema:** proporciona la energía eléctrica necesaria para la central de señalización y control, así como para los demás componentes del sistema mencionados anteriormente.

Por lo que hace a este sistema, la planta cuenta con detectores automáticos y pulsadores manuales como sistema de respaldo. La central de control recibe las señales de estos dispositivos y puede gestionarlas de manera remota. Esta central está conectada a varias líneas de acción, como la activación de la alarma general, la comunicación con el equipo de bomberos internos de la planta y la activación de los sistemas de extinción.

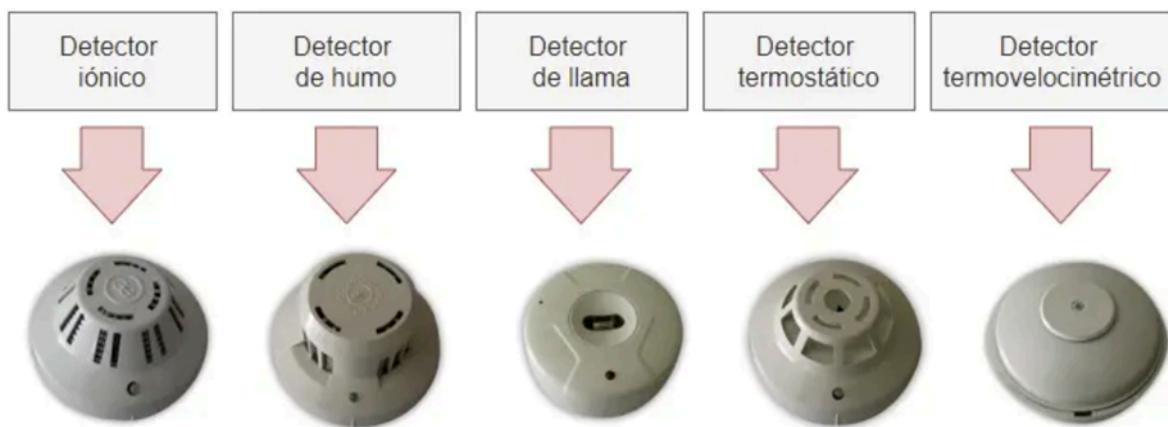
Según el nivel de riesgo, se notificará tanto a las autoridades competentes como a los bomberos externos. No obstante, el personal de la planta, que está debidamente capacitado con formaciones, será el encargado de intervenir primero.

A continuación, se presentan los distintos tipos de detectores automáticos de incendios que se encuentran en la planta. Estos detectores pueden identificar el fuego a través de diversos indicadores. Según el fenómeno que detecten, se clasifican en:

- **Detectores iónicos de gases de combustión:** Estos detectores identifican tanto humos visibles como invisibles que se generan durante la combustión. Funcionan a través de dos cámaras ionizadas mediante un elemento radiactivo: una cámara de medición y otra sellada. Cuando los gases de combustión alteran la corriente en la cámara de medición, se produce una diferencia de voltaje entre las dos cámaras, lo que activa una alarma. La sensibilidad de estos dispositivos es ajustable.
- **Detectores ópticos de humo:** Estos dispositivos detectan partículas visibles de humo mediante la absorción de luz o el desvío de esta en su cámara de medición. Son más complejos que los detectores iónicos, ya que requieren una fuente de luz constante o intermitente y un sistema eléctrico avanzado. La acumulación de polvo puede interferir en su precisión, por lo que es crucial realizar un mantenimiento adecuado.

- **Detectores de llamas:** Están diseñados para captar radiaciones infrarrojas o ultravioleta características de las llamas. Su estructura incluye filtros ópticos, una célula sensor y un sistema electrónico que amplifica las señales detectadas.
- **Detectores de temperatura:** Existen en dos tipos principales: de temperatura fija y de incremento rápido (termovelocímetros). Los termovelocímetros monitorean la velocidad del aumento de temperatura, con una sensibilidad de 10 °C por minuto, y también tienen un mecanismo que detecta temperaturas fijas. Por otro lado, los detectores de temperatura fija (termostáticos) sólo se activan al alcanzar un valor de temperatura predeterminado.

Los dispositivos de detección de incendios están diseñados para identificar las tres propiedades del fuego: humo, calor y radiación. Cada tipo de detector se calibra para reaccionar ante distintos parámetros y presenta diversos niveles de sensibilidad. La *Figura 5.11* muestra el orden de activación de los distintos detectores que se utilizan en la planta, ya que se trabaja con un producto altamente peligroso.



**Figura 5.11:** Modelos comunes detectores de humo y calor.

Finalmente, los pulsadores manuales de alarma deben ubicarse de tal manera que cualquier persona que observe un incendio pueda notificar rápidamente a los demás. De acuerdo con la norma UNE-EN 54-1<sup>[7]</sup>, se requiere que haya un pulsador manual de alarma contra incendios instalado a una distancia máxima de 25 metros y

---

a una altura del suelo de entre 1,2 y 1,6 metros lo que, en IsoNova, van a estar colocados a una altura de 1,4 metros.

#### **5.9.2.3.2 Extintores**

Un extintor es un aparato que contiene un agente extintor que puede ser proyectado y dirigido sobre un fuego por la acción de una presión interna, que se puede conseguir mediante una compresión previa permanente, por una reacción química o por liberación de un gas auxiliar. Si el agente extintor tiene una masa superior a 3 kg o un volumen superior a 3 L, el extintor debe ir provisto de manguera, boquilla y lanza. Todos los extintores deben ser de color rojo, por normativa europea UNE EN 3-7:2004 + A1: 2007<sup>[8]</sup>.

Las especificaciones técnicas y características estarán sujetas al Reglamento de Aparatos a Presión (RD 2060/2008<sup>[9]</sup>) y su Instrucción Técnica Complementaria MIE-APQ-5<sup>[10]</sup>. Los extintores deberán estar situados en lugares visibles y de fácil acceso, especialmente cerca de los puntos de posible inicio de incendio y junto a las salidas de emergencia.

Se instalarán los extintores en soportes fijos de las paredes de la planta, con la parte superior del extintor a una altura de 1,60 metros del suelo. Además, debe haber suficientes extintores para garantizar que ningún punto de evacuación se encuentre a más de 15 metros de un extintor.

Nuestra planta estará equipada con un conjunto de extintores debidamente repartidos y se instalarán diferentes tipos de ellos tal y como se muestra en la *Tabla 5.16* según las zonas y tipos de incendios que se estime que puedan darse.

**Tabla 5.16:** Ubicaciones para los extintores de planta.

| <b>Tipo de extintor</b> | <b>Ubicación</b>                | <b>Clase de fuego</b>        |
|-------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Dióxido de carbono      | Oficinas                        | Clase C (equipos eléctricos) |
|                         | Laboratorios                    | Clase B y C                  |
| Espuma AFFF             | Planta de producción            | Clase B                      |
| Polvo ABC               | Zonas generales                 | Clase A, B y C               |
|                         | Vestidores                      | Clase A                      |
|                         | Espacio de suministro eléctrico | Clase C                      |

#### **5.9.2.3.3 Bocas de incendio equipadas (BIE)**

Las bocas de incendio equipadas son sistemas diseñados para transportar agua desde la red de suministro hasta un punto donde se ha declarado un incendio. Este equipo está compuesto por diversos elementos, tales como rociadores, lanzas, mangueras, racores, válvulas y manómetros. Existen dos variantes principales de BIE:

- **BIE con manguera semirrígida:** Esta tiene un diámetro de 25 mm y utiliza una manguera que mantiene su forma circular, permitiendo un caudal de 6 m<sup>3</sup>/h.
- **BIE con manguera plana:** Presenta un diámetro de 45 mm y se trabaja con mangueras flexibles y planas, que ofrecen un caudal de 12 m<sup>3</sup>/h. Estas mangueras deben ser desplegadas antes de su utilización.

Para garantizar una cobertura efectiva en caso de incendio, la distancia máxima entre las BIE no debe exceder los 50 metros, y es crucial que ningún punto de la planta se encuentre a más de 25 metros de la BIE más próxima. Asimismo, es vital mantener una zona libre de obstáculos para facilitar el acceso y las maniobras.

---

La red de tuberías debe ser capaz de proporcionar una presión dinámica de al menos 2 bar durante un período mínimo de una hora, garantizando que se puedan operar simultáneamente las dos BIE en las condiciones extremas. Hay que asegurar que se mantengan las condiciones adecuadas de presión, flujo y reserva de agua es esencial para el correcto funcionamiento del sistema.

#### **5.9.2.3.4 Rociadores**

Los rociadores son dispositivos instalados en las tuberías de agua y en el techo que permanecen en estado cerrado gracias a un elemento sensible a la temperatura. Al alcanzar una temperatura específica, este componente se activa, permitiendo que el agua fluya automáticamente hacia el área afectada por el fuego que haya detectado el rociador. Simultáneamente, se envía una señal a la central de alarmas para que se tomen las medidas adecuadas.

Las tuberías que conectan los rociadores pueden contener agua a presión o estar vacías. En el caso de los sistemas secos, para prevenir el riesgo de congelación, las tuberías están llenas de gas a presión. Cuando un rociador se activa, se produce una caída de presión que, a través de un sistema de válvulas, inicia el flujo de agua para inundar las tuberías y dirigirla hacia el incendio.

Al igual que otros sistemas de extinción de incendios mencionados, con la excepción de los extintores, los rociadores están conectados a la red de agua de la balsa de incendio de la planta. Así pues, considerando que el caudal habitual de los rociadores oscila entre 50 y 150 litros por minuto y que se estima una autonomía de funcionamiento de 90 minutos, se asegura un suministro adecuado de agua para enfriar los materiales en combustión y sofocar las llamas, facilitando así el control del incendio.

Este rango de caudal es fundamental para garantizar la eficacia en la extinción, ya que cumple con las regulaciones normativas de seguridad contra incendios, basadas en estudios que demuestran que estos valores son efectivos para controlar diferentes tipos de incendios en espacios industriales y comerciales.

---

Además, una autonomía de 90 minutos garantiza que haya suficiente agua disponible para mitigar el fuego hasta que se complete la evacuación y se cuente con equipos de extinción manual o automática.

Cada rociador automático ofrece una cobertura aproximada de 37 m<sup>2</sup>, lo que permite distribuir el agua de manera uniforme sobre una superficie significativa. Este diseño es esencial para asegurar que el fuego se controle antes de que pueda propagarse a áreas adyacentes. La cobertura de 37 m<sup>2</sup> también facilita el cálculo del número de rociadores necesarios para proteger un área determinada, optimizando así la instalación y el costo del sistema.

Asimismo, se recomienda mantener una distancia entre los rociadores que no exceda la mitad de la cobertura (aproximadamente 18,5 m), lo que asegura que no haya puntos ciegos en la protección contra incendios. Esto es vital para evitar que un incendio se propague debido a la falta de cobertura de agua.

#### **5.9.2.3.5 Sistemas de agua pulverizada**

Este sistema se compone de una red de tuberías fijas que se conectan a una fuente de agua, junto con inyectores pulverizadores. Estos inyectores, que serán activados mediante una válvula automática, expulsan agua con características específicas en cuanto a tamaño de partículas, densidad y velocidad hacia el área afectada por el incendio.

Los sistemas de agua pulverizada se utilizan principalmente en entornos industriales de alto riesgo como es IsoNova.

#### **5.9.2.3.6 Hidrante de columna seca**

El hidrante de columna seca es un extintor que sirve para suministrar agua y proporcionar a los vehículos de servicios contra incendios. Es una instalación diseñada exclusivamente para el uso de los cuerpos de bomberos. Este sistema está constituido por tuberías de acero galvanizado con un diámetro de 80 mm (alineado con las normativas, asegurando que el sistema cumpla con los estándares de seguridad requeridos) que transportan agua.

---

Estas tuberías se extienden desde una toma de alimentación ubicada en la planta baja del edificio y continúan por la caja de escaleras hasta los rellanos de cada piso, donde se encuentran las tomas de agua instaladas.

En caso de incendio, el funcionamiento de este sistema requiere que un vehículo de bomberos conecte una fuente de agua a presión en la toma de alimentación en la planta baja. De este modo, se garantiza que haya agua disponible en todas las tomas de los diferentes rellanos, permitiendo la conexión de una manguera para combatir el fuego de manera efectiva.

La distancia entre cada hidrante de la planta será entre 5 y 15 metros, colocando 15 unidades para abordar cualquier incendio. Además, el caudal mínimo de agua que necesita el hidrante ha de ser de 3000 L/min y tiene que asegurar un trabajo de 90 minutos funcionando sin paradas.

#### **5.9.2.3.7 Sistemas de espuma**

Como la planta utiliza extintores de espuma para el lugar de producción, cabe necesario explicar este sistema de espuma.

Los sistemas de espuma se utilizan para aplicar, ya sea de forma manual o automática, una combinación de agua, un agente espumógeno y aire sobre un incendio. A través de una red de tuberías, el agua es conducida a un dispositivo donde se incorpora el agente espumoso. Posteriormente, se introduce aire en la mezcla, lo que genera una solución que puede ser distribuida mediante mangueras, bocas de incendio o rociadores diseñados específicamente para este tipo de aplicación.

La selección del agente espumógeno se realiza en función del caudal mínimo necesario para extinguir el fuego y del tipo de combustible involucrado en la ignición. En este ámbito, es fundamental entender el concepto de coeficiente de expansión, que se refiere a la proporción entre el volumen final de espuma generada y el volumen inicial de la mezcla de agua y agente espumógeno.

---

Este conocimiento permite clasificar las espumas en categorías de baja, media y alta expansión, lo que brinda una comprensión más profunda sobre la efectividad y funcionamiento del sistema.

#### **5.9.2.4 Sistemas de protección pasiva**

La protección pasiva contra incendios incluye una variedad de materiales, sistemas y técnicas destinadas a evitar que un incendio se inicie, así como a retardar su propagación y, en última instancia, facilitar su control y extinción.

Estas medidas están diseñadas para activarse automáticamente en caso de un incendio, sin necesidad de intervención humana, ya que se integran en la fase de diseño de las instalaciones de la planta.

##### **5.9.2.4.1 Morteros ignífugos**

Los morteros ignífugos son un sistema de revestimiento con mortero especial de grano fino, aligerado con minerales laminares fabricado con base de perlita. Se va a proyectar sobre los elementos estructurales como los pilares, vigas metálicas y muros. Su objetivo es aumentar el tiempo de resistencia al fuego de estos elementos.

##### **5.9.2.4.2 Placas y puertas cortafuegos**

Se trata de placas de yeso laminado, pero con una alta resistencia al fuego. Son placas especiales que mezclan el yeso con fibras de vidrio de 3 a 30 mm y que tienen caras revestidas con lámina de cartón.

En IsoNova contamos con la placa Knauf Diamant: versátil, cortafuego, impregnada, acústica y de alta dureza. Estas placas cortafuegos son especialmente manejables, ya que mantienen las ventajas de una placa Standard a la hora de su manipulación.

Así mismo, las puertas cortafuego son puertas de metal que se instalan para evitar la propagación de un incendio mediante un sistema de compartimentación y permitir una rápida evacuación del edificio.

Sus propiedades más su diseño estructural a partir de las holguras las capacitan para contrarrestar la dilatación metálica provocada por el aumento de temperaturas, de esta manera se generan así dos sistemas térmicos para proteger las vías de escape. Sus características especiales hacen que su instalación y uso sea idóneo tanto para interiores como exteriores.

#### **5.9.2.4.3 Lana de roca**

Más allá de su uso como aislante térmico, la lana de roca es perfecta para la protección pasiva de incendios debido a su estructura fibrosa multidireccional, que le permite soportar temperaturas superiores a los 1.000 °C.

Además, se puede utilizar para la protección de paredes, suelos, techos, así como de conductos metálicos de ventilación y extracción de humos, vertical y horizontal, o en instalaciones técnicas de tuberías de calefacción y refrigeración.

En IsoNova trabajaremos con dos primeras marcas de lanas minerales: Rockwool y Knauf Insulation.

#### **5.9.2.4.4 Pintura**

Dentro de la protección pasiva contra incendios encontramos dos tipos distintos de pinturas: la ignífuga y la intumesciente. La diferencia entre ellas es que la pintura ignífuga no se quema ni se propaga, mientras que la intumesciente cuando entra en contacto con el fuego se hincha y se carboniza, formando una barrera protectora.

### **5.9.3 Abastecimiento de agua**

Por último, como se ha indicado en las necesidades de los equipos de extinción de incendios de la planta, muchos de estos dispositivos requieren un abastecimiento de agua que se obtiene directamente del depósito de reserva de agua contra incendios instalada en la zona destinada para eso.

Se ha llevado a cabo un cálculo de la cantidad de equipos necesarios en la planta, basándose en las especificaciones y normativas de instalación actuales. Así pues,

se han considerado los requisitos de caudal y autonomía que deben cumplirse para asegurar efectividad en caso de incendio.

La *Tabla 5.17* presenta el número de equipos necesarios en la planta y la cantidad total de agua que debe contener la balsa contra incendios, lo que permite determinar su capacidad de diseño.

Para ello, se han hecho los cálculos basados en una situación extrema de necesidad de abastecimiento de agua para cada caso para tener toda el agua necesaria en los hidrantes, BIE-25, BIE-45 y rociadores suponiendo que tienen que trabajar un total de 3 horas seguidas con una velocidad de 2 m/s en tubería, sabiendo también que el caudal mínimo de agua que necesita el hidrante es de 3000 L/min y que los rociadores, el valor estándar de volumen de agua que trabajan, es de 20 L/min/m<sup>2</sup> en un área de 350 m<sup>2</sup>.

**Tabla 5.17:** Necesidad de agua para los equipos extintores.

| Equipo                    | Volumen (L)             | Autonomía (h) | N.º equipos |
|---------------------------|-------------------------|---------------|-------------|
| BIE-25                    | 42.200                  | 3             | 4           |
| BIE-45                    | 206.110                 | 3             | 6           |
| Rociadores                | 1.260.000               | 3             | 95          |
| Hidrantes                 | 1.620.000               | 3             | 4           |
| <b><i>Balsa total</i></b> | <b><i>3.128.310</i></b> |               |             |

## 5.10 Plan de emergencia

Los planes de emergencia son protocolos establecidos de actuación frente a un accidente específico. Son una serie de medidas, tanto de protección como de

prevención que pretenden disminuir o detener la gravedad del accidente y disminuir las consecuencias asociadas.

Estos protocolos deben ser reconocidos por todo el personal de la industria, ya que permite actuar con rapidez frente a una problemática concreta.

Hay dos tipologías de plan de emergencia, las cuales se comentan a continuación:

1. **Plan interno:** Suelen ser accidentes más controlados y menos dañinos. Lo único que se ve comprometido en este tipo de emergencias es el material de la propia industria. Por lo tanto, este tipo de plan se gestiona desde la propia industria y no involucra personal ajeno.
2. **Plan externo:** Suelen ser accidentes más graves, involucrando el bienestar tanto de las personas afectadas como del medio ambiente. Conlleva la alarma a personal externo a la industria para poder mitigar los riesgos asociados y tomar las medidas necesarias.

### 5.10.1 Clasificación de accidentes

Aplicando el Real Decreto 1196/2003, los accidentes pueden categorizarse en tres tipos, en función del grado en que afecten sus consecuencias tanto a las personas como al material de la propia industria.

A continuación, en la *Tabla 5.18*, se presenta el criterio de clasificación de accidentes:

**Tabla 5.18:** Categorías de accidentes en industria.

| Categoría     | 1                 | 2   | 3  |
|---------------|-------------------|---|--|
| Consecuencias | Daños materiales. | Leves daños físicos o incluso muertes.<br>Daños materiales.<br>Poco impacto ambiental | Graves daños físicos o incluso muertes.<br>Daños materiales.<br>Fuerte impacto ambiental |

---

La determinación del tipo de accidente permite ajustar las necesidades, medidas y la cantidad de personal (interno o externo) involucrado para su detención.

## **5.10.2 Plan de emergencia interno**

El plan de emergencia interno abarca las problemáticas que puedan generarse en el interior de la planta.

Este documento debe ser aprobado por las autoridades competentes antes de ponerlo en práctica.

Está principalmente compuesto por los siguientes elementos básicos:

- **Descripción del riesgo:** Este apartado debe incluir un análisis de riesgo adecuado.

En este caso se realiza con el método HAZOP (Hazard and Operability) en el apartado correspondiente.

- **Medidas de protección:** Se deben incluir los mecanismos de protección frente a un riesgo específico, describiendo los distintos recursos (tanto materiales como de personal) capaces de afrontar la situación de emergencia.

También debe disponer de los planos, donde se especifique con claridad la ubicación de los elementos de emergencia (incluyendo salidas de emergencia, botiquines, EPIs específicos o cualquier otro material importante.)

- **Manual de actuación en caso de emergencia:** Debe incluir las instrucciones detalladas sobre cómo gestionar un accidente específico. Además, debe incluir un criterio de clasificación según la gravedad de la emergencia específica tal como se muestra en la *Tabla 5.19*.

**Tabla 5.19:** Clasificación de emergencias con resolución interna.

| Clasificación de la emergencia | Conato   | Parcial  | General   |
|--------------------------------|--|--|---|
| Actuación necesaria            | Fácilmente controlable con los recursos implementados. | Controlable con la actuación del personal especializado en emergencias | Controlable con la actuación de todo el personal especializado en emergencias |
| Evacuación                     | No   | Parcial  | Total   |

Es fundamental asignar tareas de emergencia a personal de la industria, de manera que existan los siguientes cargos con funciones concretas:

- **Jefe del departamento de emergencias:** Es quien decide como actuar y clasifica el tipo de accidente.
- **Jefe de intervención:** Basándose en las órdenes del jefe de emergencias, coordina a los equipos de intervención.
- **Equipos de intervención:** Personal cualificado para actuar, empleando los recursos a su disposición para controlar la situación.
- **Equipo de evacuación y atención:** Coordinan y guían al resto de personal hacia las salidas de emergencia de forma ordenada.

Identifican posibles heridos e informan al servicio de emergencias de ser necesario.

### 5.10.3 Plan de emergencia externo

Este documento tiene como principal objetivo la protección de la salud de las personas y del medio ambiente, y se aplica en casos donde los accidentes ocurridos en la industria traspasan de los daños meramente materiales e involucran a civiles y al medioambiente.

---

Por lo tanto, este tipo de documento implica a personal externo para tratar de minimizar las consecuencias del accidente, incluyendo servicios de emergencia más extensos.

Para la elaboración de este documento la industria debe proporcionar la información básica (IBA) tanto del proceso que se realiza, sus condiciones, un detallado análisis de riesgos a nivel externo (como por ejemplo la posible formación de BLEVES o emanaciones de vapores dañinos), y planos especificando las salidas de emergencia y otros sistemas de seguridad empleados.

Por último, también debe exponer los protocolos específicos de comunicación entre la industria y los servicios externos para facilitar la actuación de los profesionales y controlar la situación en el menor tiempo y consecuencias posibles.

## 5.11 Higiene

La higiene en el sector laboral es imprescindible para la prevención de enfermedades relacionadas con los productos con los que se trabaja. Se entiende por higiene laboral el conjunto de acciones que limitan la exposición a un contaminante industrial y a su vez, disminuyen la probabilidad de sufrir un accidente.

Esto debe abordarse de dos formas, una colectiva, a nivel de la empresa y a gran escala cubriendo todos los posibles focos de contaminación, y otra a nivel individual, personal, cumpliendo con una serie de directrices básicas de comportamiento.

Con este fin, se aplican las normativas como la Ley 31/1995 de prevención de riesgos laborales donde se establecen los criterios a cumplir para garantizar un entorno sano.

Además, se debe cumplir con el Real Decreto 374/2001 sobre la exposición a ciertas sustancias químicas peligrosas, en las que se detallan rangos de exposición permitidos y técnicas de higiene obligatorias.

Los contaminantes son sustancias capaces de interferir con el correcto funcionamiento del organismo en contacto con este, es por eso que gran parte de la higiene industrial se centra en el tratamiento de estos para evitar que causen daños

---

al personal y al entorno.

Hay distintos tipos de contaminantes en función de su criterio de clasificación, principalmente:

1. Origen: Pueden ser físicos, químicos o biológicos.
2. Efecto: Pueden ser tóxicos, corrosivos, irritantes, asfixiantes, cancerígenos, entre otras.
3. Formación: Pueden ser primarios o secundarios.

A continuación se profundiza más sobre cada tipo:

1. Origen: Este criterio se centra en el tipo de material que causa el riesgo. Incluye desde el estado físico del material hasta su naturaleza química. También se incluye en esta clasificación si el agente causante es de origen biológico, como podría ser una proliferación de microorganismos o virus dentro de la empresa.

A continuación se explica en la *Tabla 5.20* las características de cada tipo de contaminante:

**Tabla 5.20:** Clasificación de contaminantes según su origen.

| Clasificación de contaminante | Tipo de contaminante    | Riesgos   | Ejemplos   |
|-------------------------------|-------------------------|---|--|
| Físicos                       | Sólidos                 | Principalmente el riesgo es respirar la sustancia accidentalmente.                                    | Suelen ser partículas finas, como polvo o pequeñas tiras o fibras  |
|                               | Líquidos                | Riesgo por contacto o por respirar parte de la sustancia si esta se encuentra en suspensión.          | Fluidos con propiedades peligrosas que quedan al descubierto accidentalmente, por derrames o en suspensión en el aire (aerosoles). |
|                               | Gases o vapores         | Peligro al contacto al respirar las sustancias.   | Vapores a temperaturas elevadas, compuestos corrosivos o peligrosos.   |
| Químicos                      | Metales pesados         | En función del tipo de sustancia se pueden dar consecuencias severas al haber algún tipo de contacto. | Metales como el plomo o el mercurio.   |
|                               | Inorgánicos             |   | Cloruros, ácidos fuertes.  |
|                               | Orgánicos               |   | Principalmente hidrocarburos como el metano.   |
| Biológicos                    | Microorganismos y virus | Pueden contaminar a más de un individuo y al entorno, y se suele extender con rapidez.                | Pueden ser virus, microorganismos como hongos o bacterias o bien residuos orgánicos de pequeños animales como roedores.            |

2. Efecto: Este criterio se centra en el efecto que pueda ocasionar el contaminante sobre el individuo y se explica en la *Tabla 5.21*.

**Tabla 5.21:** Clasificación de contaminantes según el efecto.

| Clasificación de contaminante    | Explicación   |
|----------------------------------|---|
| Tóxico                           | Sustancias capaces de provocar daños severos, pueden ser nocivos, tóxicos o muy tóxicos según su dosis letal.                 |
| Corrosivo                        | Sustancias que al contacto pueden destruir parte del tejido.  |
| Irritante                        | Sustancias capaces de provocar reacciones en la piel como hinchazón o picor.  |
| Sensibilizante                   | Sustancias que por contacto o penetración cutánea pueden ocasionar reacciones adversas en el sistema inmunológico.            |
| Cancerígeno                      | Sustancias que pueden producir o incrementar la posibilidad de sufrir cáncer.   |
| Mutágeno                         | Sustancias capaces de aumentar la posibilidad de tener mutaciones en los genes reproductivos.                                 |
| Tóxico para la reproducción      | Sustancias cuya interacción puede limitar o atrofiar la efectividad reproductiva.   |
| Peligrosos para el medioambiente | Sustancias con gran capacidad de deteriorar el medio ambiente y poner en peligro la biodiversidad y los recursos del entorno. |

3. Formación: En la *Tabla 5.22* se muestra la clasificación que se caracteriza por el momento en el que se han generado estos compuestos:

**Tabla 5.22:** Clasificación de contaminantes según su formación.

| Tipo de contaminante: | Descripción:   |
|-----------------------|--|
| Primarios             | El contaminante es un componente del proceso de producción.  |
| Secundarios           | El contaminante se forma con una reacción con el entorno no esperada, por ejemplo con el oxígeno del aire. |

---

El contacto con el contaminante puede ser por varias vías, entre las cuales destacan:

- Contacto dérmico (con la piel).
- Inhalación.
- Penetración cutánea.
- Ingestión.
- Contacto con las mucosas.

### **5.11.1 Higiene en el entorno laboral**

Un factor importante a tener en cuenta para la prevención de riesgos y accidentes es la limpieza y el orden dentro del entorno laboral.

Una limpieza precaria del entorno laboral puede implicar riesgos asociados como alergias, problemas respiratorios, golpes con objetos no ordenados debidamente o resbalararse si hay algún charco.

También en este apartado se incluyen las condiciones físicas adecuadas, como temperatura y humedad propicias para el ámbito específico.

Basándose en este propósito se cita el Anexo III del Real Decreto 486/1997, donde se tratan las condiciones ambientales adecuadas de los lugares de trabajo, en el cual, de forma general se trata lo siguiente:

1. Deben evitarse condiciones de riesgo como temperaturas elevadas o muy bajas, corrientes de aire, exposición a radiación solar excesiva y protección a aquellos trabajadores que estén expuestos al clima exterior.
2. Las condiciones del área de trabajo deben garantizar la seguridad y la salud de los empleados.
3. La humedad no debe ser inferior al 50 % en zonas con electricidad estática, en el resto de zonas debe oscilar entre el 30 y el 70%.

- 
4. La temperatura de las áreas de trabajo deben ser acordes al clima local.
  5. Es importante asegurar la renovación periódica del aire, por lo que debe haber buena ventilación.

## 5.11.2 Higiene personal

El empleado debe cumplir una serie de normas básicas de higiene para garantizar su seguridad.

Se insta a que el trabajador mantenga ordenado y recogido su área de trabajo, desechariendo los residuos con conciencia.

Está prohibido el uso de colgantes, pendientes, anillos o complementos que puedan contribuir a la formación de accidentes laborales.

También se debe cumplir la normativa de vestuario, por lo que en laboratorios y zonas pertinentes no se podrá emplear ropa de calle, de igual modo que el calzado debe ser el indicado para cada acción.

Además, deberá mantener las uñas cortas, limpiarse las manos una vez termine su jornada y cualquier manipulación de sustancias, y en caso de pelo largo deberá recogerlo de antemano para evitar posibles daños.

Finalmente, se prohíbe comer y/o beber dentro de las instalaciones salvo aquellas zonas que están habilitadas para ello.

## 5.12 HAZOP: Análisis de riesgos

Un estudio de análisis de riesgos es fundamental para la prevención de estos. En este estudio se incluyen:

- Accidentes que pueden suceder.
- Frecuencia con la que pueden acontecer.
- Magnitud de sus consecuencias.

Hay una gran variedad de análisis de riesgos, en la planta IsoNova se optó por el método HAZOP (Hazard and Operability), ya que es un método generalizado, de naturaleza multidisciplinar y riguroso.

Su funcionamiento se basa en el uso de una serie de palabras clave que cuantifican los riesgos asociados a cada fallo posible del sistema. Es decir, parte de que una desviación en las condiciones normales de trabajo suponen un riesgo de fallida.

Las palabras guía permiten esta clasificación con precisión, a continuación se muestra en la *Tabla 5.23*.

**Tabla 5.23:** Palabras guía del método HAZOP. [29] [30]

| Palabra clave | Significado  | Ejemplo  |
|---------------|--|--|
| No            | No se consiguen las intenciones previstas del diseño.                              | No hay flujo.  |
| Más           | Aumento cuantitativo respecto a la intención del diseño.                           | Más temperatura.   |
| Menos         | Disminución cuantitativa respecto a la intención del diseño.                       | Menos presión.   |
| Además        | Aumento cualitativo, junto a la función deseada se realiza una actividad adicional | El vapor calienta el reactor y además, calienta otros componentes. |
| Parte de      | Disminución cualitativa, se realiza tan solo una parte de lo deseado.              | Presencia de impurezas.  |
| Inverso       | Oposición a la función deseada.  | El flujo circula en un sentido inverso.                            |
| En lugar de   | No se obtiene el efecto deseado.   | Fallada en el modo de operación.                                   |

---

La aplicación del método HAZOP se realiza mediante el siguiente procedimiento:

1. Seleccionar una línea del proceso.
2. Identificar la intención de la línea.
3. Aplicar las palabras guía para cada variable.
4. Identificar posibles desviaciones.
5. Identificar causas de la desviación.
6. Identificar las consecuencias de la desviación.
7. Evaluar posibles soluciones, es decir, qué medidas conviene tomar.
8. Seguimiento de la implementación de las medidas tomadas.

## 5.12.1 Evaporador

**Tabla 5.24:** Método HAZOP aplicado al evaporador.

| ISONOVA       | Análisis de riesgo HAZOP               |  | Hoja 1/6   |  |
|---------------|--|--|--|--|
|               | Equipo                                 | Evaporador   | Área   | A - 100  |
|               | ÍTEM                                   | E - 101  | Localización   | Polígono industrial Satélites, Tarragona.  |
| Palabra clave | Perturbación                           | Causas posibles  | Consecuencias  | Medidas necesarias   |
|               | Caudal de cloro a la entrada (línea 4) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de la bomba que impulsa el cloro al evaporador.</li> <li>- Fallo de la válvula de control de entrada al evaporador.</li> <li>- Obstrucción de la tubería 4.</li> <li>- Fuga en la tubería 4.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Imposibilidad de realizar la evaporación.</li> <li>- Aumento de la presión a la tubería 4.</li> <li>- Daño a los equipos.</li> <li>- Pérdida de la eficacia esperada.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas de la bomba impulsora del cloro, válvula de control de caudal y tubería 4 del proceso.</li> </ul>   |
| No            | Caudal de cloro a la salida (línea 7)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de la válvula de control de salida del evaporador.</li> <li>- Obstrucción en la línea 7.</li> <li>- Fuga en la tubería 7.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento del nivel en el evaporador.</li> <li>- Aumento de la temperatura dentro del evaporador.</li> <li>- Aumento de la presión dentro del evaporador.</li> <li>- Possible derrame de cloro.</li> <li>- Possible formación de compuestos tóxicos (como el cloruro de oxígeno).</li> <li>- Possible emisión de gases tóxicos y cloro gas.</li> <li>- Daño a los equipos.</li> <li>- Pérdida de la eficacia esperada.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobaciones periódicas del estado de la línea 7, medidores de presión y temperatura dentro del evaporador.</li> <li>- Alarma en caso de superar un nivel máximo del evaporador.</li> <li>- Comprobación del correcto funcionamiento del sistema de control e instrumentación.</li> </ul> |

| ISONOVA       | Análisis de riesgo HAZOP |  | Hoja 2/6   |   |
|---------------|--------------------------|--|--|---|
|               | Equipo                   | Evaporador   | Área   | A - 100   |
|               | ÍTEM                     | E - 101  | Localización   | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave | Perturbación             | Causas posibles  | Consecuencias  | Medidas necesarias  |
| No            | Caudal de refrigeración  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Funcionamiento incorrecto de las torres de refrigeración.</li> <li>- Fugas en el circuito de refrigeración.</li> <li>- Obstrucción en el circuito de refrigeración.</li> <li>- Fallo de los sistemas de control.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución del rendimiento y producción del evaporador.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación del correcto funcionamiento del circuito de refrigeración y los sistemas de control asociados.</li> <li>- Revisión del funcionamiento de las torres de refrigeración.</li> </ul>  |
|               | Evaporación del cloro    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo del sistema de control</li> <li>- Fallo del sistema de refrigeración.</li> <li>- Fallo del caudal de entrada del cloro.</li> <li>- Presión insuficiente</li> <li>- Temperatura insuficiente.</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución del rendimiento y producción del evaporador.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación del correcto funcionamiento del circuito de refrigeración y los sistemas de control asociados.</li> <li>- Comprobación de las condiciones de presión y temperatura en el evaporador.</li> </ul>   |
| Más           | Temperatura              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- El cloro de la entrada se encuentra a una temperatura superior a la habitual.</li> <li>- Circuito de refrigeración proporciona un caudal mayor al esperado.</li> <li>- Fallo del sistema de control asociado.</li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución del rendimiento y producción del evaporador.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación del correcto funcionamiento del circuito de refrigeración y los sistemas de control asociados.</li> <li>- Comprobación de las condiciones de temperatura en el evaporador y ajustar el sistema de control según la temperatura de entrada.</li> </ul> |

| ISONOVA       | Análisis de riesgo HAZOP                    |   | Hoja 3/6  |  |
|---------------|---|---|---|--|
|               | Equipo                                      | Evaporador  | Área  | A - 100  |
|               | ÍTEM  | E - 101   | Localización  | Polígono industrial Satélites, Tarragona.  |
| Palabra clave | Perturbación                                | Causas posibles   | Consecuencias   | Medidas necesarias   |
| Más           | Presión                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento del caudal de cloro líquido a la entrada del evaporador.</li> <li>- Fallo del sistema de control</li> <li>- Fallo de la válvula que regula la entrada del cloro al evaporador.</li> <li>- Fallo de la bomba que impulsa el cloro líquido al evaporador.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento del nivel en el evaporador.</li> <li>- Aumento de la presión dentro del evaporador.</li> <li>- Posible derrame de cloro.</li> <li>- Posible formación de compuestos tóxicos (como el cloruro de oxígeno).</li> <li>- Posible emisión de gases tóxicos y cloro gas.</li> <li>- Daño a los equipos.</li> <li>- Pérdida de la eficacia esperada.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación del correcto funcionamiento del circuito de refrigeración y los sistemas de control asociados.</li> <li>- Comprobación de las condiciones de presión en el evaporador y ajustar el sistema de control según la temperatura de entrada.</li> </ul>          |
|               | Caudal de cloro a la entrada del evaporador | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de la bomba que impulsa el cloro líquido al evaporador.</li> <li>- Fallo del sistema de control</li> <li>- Fallo de la válvula que regula la entrada del cloro al evaporador.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento del nivel en el evaporador.</li> <li>- Aumento de la presión dentro del evaporador.</li> <li>- Posible derrame de cloro.</li> <li>- Posible formación de compuestos tóxicos (como el cloruro de oxígeno).</li> <li>- Posible emisión de gases tóxicos y cloro gas.</li> <li>- Daño a los equipos.</li> <li>- Pérdida de la eficacia esperada.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación del correcto funcionamiento de la bomba impulsora del cloro y los sistemas de control asociados.</li> <li>- Comprobación de las condiciones del caudal e instalar alarmas en caso de que el nivel sobrepase un límite establecido de seguridad.</li> </ul> |

| ISONOVA       | Análisis de riesgo HAZOP                   |  | Hoja 4/6  |   |
|---------------|--|--|---|---|
|               | Equipo                                     | Evaporador   | Área  | A - 100   |
|               | ÍTEM                                       | E - 101  | Localización  | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave | Perturbación                               | Causas posibles  | Consecuencias   | Medidas necesarias  |
| Más           | Caudal de cloro a la salida del evaporador | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caudal de entrada superior al esperado.</li> <li>- Fallo del sistema de control asociado.</li> <li>- Fallo de la bomba impulsora del cloro líquido.</li> <li>- Fallo de la válvula reguladora del caudal de cloro.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor eficacia en la operación.</li> <li>- Posibles daños en el evaporador.</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones del sistema de control.</li> <li>- Revisiones del sistema de impulsión del cloro líquido.</li> <li>- Instalación de alarma cuando se advierta una irregularidad en el caudal de cloro introducido en el evaporador.</li> </ul>                          |
| Menos         | Temperatura                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- El cloro de la entrada se encuentra a una temperatura inferior a la habitual.</li> <li>- Circuito de refrigeración proporciona un caudal menor al esperado.</li> <li>- Fallo del sistema de control asociado.</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución del rendimiento y producción del evaporador.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación del correcto funcionamiento del circuito de refrigeración y los sistemas de control asociados.</li> <li>- Comprobación de las condiciones de temperatura en el evaporador y ajustar el sistema de control según la temperatura de entrada.</li> </ul> |
|               | Presión                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución del caudal de cloro líquido a la entrada del evaporador.</li> <li>- Fallo del sistema de control</li> <li>- Fallo de la válvula que regula la entrada del cloro al evaporador.</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución del nivel en el evaporador.</li> <li>- Disminución de la presión dentro del evaporador.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación del correcto funcionamiento del circuito de refrigeración y los sistemas de control asociados.</li> <li>- Comprobación de las condiciones de presión en el evaporador y ajustar el sistema de control según la temperatura de entrada.</li> </ul>     |

| ISONOVA       | Análisis de riesgo HAZOP                    |  | Hoja 5/6  |  |
|---------------|---|--|---|--|
|               | Equipo                                      | Evaporador   | Área  | A - 100  |
|               | ÍTEM  | E - 101  | Localización  | Polígono industrial Satélites, Tarragona.  |
| Palabra clave | Perturbación                                | Causas posibles  | Consecuencias   | Medidas necesarias   |
| Menos         | Caudal de cloro a la entrada del evaporador | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de la bomba que impulsa el cloro líquido al evaporador.</li> <li>- Fallo del sistema de control</li> <li>- Fallo de la válvula que regula la entrada del cloro al evaporador.</li> <li>- Obstrucción de la tubería 4.</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución del nivel en el evaporador.</li> <li>- Pérdida de la eficacia esperada.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación del correcto funcionamiento de la bomba impulsora del cloro y los sistemas de control asociados.</li> <li>- Comprobación de las condiciones del caudal e instalar alarmas en caso de que el nivel sobrepase un límite establecido de seguridad.</li> </ul> |
|               | Caudal de cloro a la salida del evaporador  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caudal de entrada inferior al esperado.</li> <li>- Fallo del sistema de control asociado.</li> <li>- Fallo de la bomba impulsora del cloro líquido.</li> <li>- Fallo de la válvula reguladora del caudal de cloro.</li> <li>- Obstrucción de la tubería 7.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor eficacia en la operación.</li> <li>- Posibles daños en el evaporador.</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones del sistema de control.</li> <li>- Revisiones del sistema de impulsión del cloro líquido.</li> <li>- Instalación de alarma cuando se advierta una irregularidad en el caudal de cloro introducido en el evaporador.</li> </ul>                               |

|  | Análisis de riesgo HAZOP |  | Hoja 6/6  |   |
|---|--------------------------|--|---|---|
|   | Equipo                   | Evaporador   | Área  | A - 100   |
|   | ÍTEM                     | E - 101  | Localización  | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave   | Perturbación             | Causas posibles  | Consecuencias   | Medidas necesarias  |
| Parte de  | Composición de cloro gas | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo en el sistema de control.</li> <li>- Irregularidad de composición del reactivo líquido.</li> <li>- Fallo en el sistema de refrigeración.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Composición distinta a la esperada, que puede afectar a los siguientes equipos.</li> <li>- Variación en la eficacia obtenida.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones regulares del sistema de control asociado a refrigeración y a corriente 4.</li> </ul> |

## 5.12.2 Caldera

**Tabla 5.25:** Método HAZOP aplicado a la caldera.

|  | Análisis de riesgo HAZOP          |  | Hoja 1/4  |   |
|---|-----------------------------------|--|---|---|
|   | Equipo                            | Caldera  | Área  | A - 100   |
|   | ÍTEM                              | K - 101  | Localización  | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave   | Perturbación                      | Causas posibles  | Consecuencias   | Medidas necesarias  |
| No  | Caudal de refrigerante (alimento) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstrucción de las tuberías de refrigeración del proceso o presión insuficiente.</li> <li>- Fallos del sistema de control asociados.</li> <li>- Fallo de válvulas o impulsores del sistema.</li> <li>- Fuga en las tuberías del circuito de refrigeración.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobrecalentamiento de la caldera, que puede conducir a daños en el equipo.</li> <li>- Posibilidad de explosión.</li> <li>- Disminución de la productividad del proceso, se dificultará obtener las condiciones óptimas para el proceso, ya que afectará a todo el proceso de refrigeración.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas tanto del sistema de control como de los sistemas de impulsión del circuito.</li> <li>- Instalación de alarma en caso de que la temperatura supere un límite establecido de seguridad.</li> <li>- Revisión del estado de las tuberías de forma periódica.</li> </ul> |

| ISONOVA       | Análisis de riesgo HAZOP |   | Hoja 2/4  |  |
|---------------|--------------------------|---|---|--|
|               | Equipo                   | Caldera   | Área  | A - 100  |
|               | ÍTEM                     | K - 101   | Localización  | Polígono industrial Satélites, Tarragona.  |
| Palabra clave | Perturbación             | Causas posibles   | Consecuencias   | Medidas necesarias   |
| Más           | Presión                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Excesiva temperatura dentro de la caldera</li> <li>- Obstrucción de las tuberías de salida de la caldera.</li> <li>- Fallos del sistema de control asociados.</li> <li>- Fallo de válvulas o impulsores del sistema, provocando un aumento en el caudal de entrada a la caldera.</li> <li>- Fuga en las tuberías del circuito de refrigeración.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Possible daño al equipo y sus componentes.</li> <li>- Posibilidad de explosión.</li> <li>- Disminución de la productividad del proceso, se dificultará obtener las condiciones óptimas para el proceso, ya que afectará a todo el proceso de refrigeración.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas tanto del sistema de control como de los sistemas de impulsión del circuito.</li> <li>- Instalación de alarma en caso de que la temperatura supere un límite establecido de seguridad.</li> <li>- Revisión del estado de las tuberías de forma periódica.</li> <li>- Instalación de válvulas de alivio de presión.</li> </ul> |
|               | Temperatura              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exceso de temperatura en el quemador, o exceso de combustible quemando.</li> <li>- Obstrucciones en el sistema de refrigeración.(entrada de nuevo alimento)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Possible daño al equipo y sus componentes.</li> <li>- Posibilidad de explosión.</li> <li>- Disminución de la productividad del proceso, se dificultará obtener las condiciones óptimas para el proceso, ya que afectará a todo el proceso de refrigeración.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas tanto del sistema de control como de los sistemas de impulsión del circuito.</li> <li>- Instalación de alarma en caso de que la temperatura supere un límite establecido de seguridad.</li> <li>- Revisión del estado de las tuberías de forma periódica.</li> </ul>  |

| ISONOVA       | Análisis de riesgo HAZOP   |   | Hoja 3/4   |   |
|---------------|--|---|--|---|
|               | Equipo   | Caldera   | Área   | A - 100   |
|               | ÍTEM   | K - 101   | Localización   | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave | Perturbación   | Causas posibles   | Consecuencias  | Medidas necesarias  |
| Más           | Caudal de alimento (agua del sistema de refrigeración del proceso) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstrucciones en las tuberías de salida de la caldera.</li> <li>- Fallo de sistema de seguridad en la zona de refrigeración.</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión (bombas) del sistema de refrigeración.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de efectividad del equipo.</li> <li>- Disminución de la temperatura en la salida de la caldera.</li> <li>- Subida del nivel dentro de la caldera.</li> <li>- Posibilidad de desbordar la caldera.</li> <li>- Posibles cambios en la presión por el exceso de caudal introducido.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas tanto del sistema de control como de los sistemas de impulsión del circuito.</li> <li>- Instalación de alarma en caso de que el nivel supere un límite establecido de seguridad.</li> <li>- Revisión del estado de las tuberías de forma periódica.</li> </ul> |
| Menos         | Presión  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Escasa temperatura dentro de la caldera</li> <li>- Obstrucción de las tuberías de entrada de la caldera.</li> <li>- Fallos del sistema de control asociados.</li> <li>- Fallo de válvulas o impulsores del sistema, provocando una disminución en el caudal de entrada a la caldera.</li> <li>- Fuga en las tuberías del circuito de refrigeración.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Possible daño al equipo y sus componentes.</li> <li>- Disminución de la productividad del proceso, se dificultará obtener las condiciones óptimas para el proceso, ya que afectará a todo el proceso de refrigeración.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas tanto del sistema de control como de los sistemas de impulsión del circuito.</li> <li>- Instalación de alarma en caso de que la temperatura disminuya un límite establecido.</li> <li>- Revisión del estado de las tuberías de forma periódica.</li> </ul>     |

| <br><b>ISONOVA</b> | <b>Análisis de riesgo HAZOP</b>                                    |  | <b>Hoja 4/4</b>  |   |
|---|--|--|--|---|
|   | <b>Equipo</b>  | Caldera  | <b>Área</b>  | A - 100   |
|   | <b>ÍTEM</b>  | K - 101  | <b>Localización</b>  | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| <b>Palabra clave</b>  | <b>Perturbación</b>  | <b>Causas posibles</b>   | <b>Consecuencias</b>   | <b>Medidas necesarias</b>   |
| Menos   | Temperatura  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Insuficiente cantidad de combustible suministrado.</li> <li>- Fallo del sistema de control de la caldera.</li> <li>- Condiciones de presión bajas.</li> <li>- Fugas de calor.</li> </ul>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución de la productividad del proceso, se dificultará obtener las condiciones óptimas para el proceso, ya que afectará a todo el proceso de refrigeración.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas tanto del sistema de control como de los sistemas de impulsión del circuito.</li> <li>- Instalación de alarma en caso de que la temperatura supere un límite establecido de seguridad.</li> <li>- Revisión del estado de las tuberías de forma periódica.</li> </ul> |
|   | Caudal de alimento (agua del sistema de refrigeración del proceso) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstrucciones en las tuberías de entrada de la caldera.</li> <li>- Fallo de sistema de seguridad en la zona de refrigeración.</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión (bombas) del sistema de refrigeración.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de efectividad del equipo.</li> <li>- Aumento de la temperatura en la salida de la caldera.</li> <li>- Disminución del nivel dentro de la caldera.</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas tanto del sistema de control como de los sistemas de impulsión del circuito.</li> <li>- Instalación de alarma en caso de que el nivel disminuya un límite establecido de seguridad.</li> <li>- Revisión del estado de las tuberías de forma periódica.</li> </ul>    |

### 5.12.3 Mixer

**Tabla 5.26:** Método HAZOP aplicado al Mixer.

| <br><b>ISONOVA</b> | Análisis de riesgo HAZOP            |  | Hoja 2/4   |   |
|---|-------------------------------------|--|--|---|
|   | <b>Equipo</b>                       | Mixer  | <b>Área</b>  | A - 200   |
|   | <b>ÍTEM</b>                         | M-201  | <b>Localización</b>  | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| <b>Palabra clave</b>  | <b>Perturbación</b>                 | <b>Causas posibles</b>   | <b>Consecuencias</b>   | <b>Medidas necesarias</b>   |
| No  | Caudal entrada                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstrucciones en las tuberías previas al mixer.</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión del cloro y monóxido de carbono hacia el mixer.</li> <li>- Fallo del suministro de reactivos.</li> <li>- Fallo de alguna válvula o sistema de control.</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- El proceso no se dará lugar, ya que no habrá reactivos en el mixer.</li> <li>- Se verá afectada la eficacia del proceso y la cantidad producida.</li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas de los sistemas de control, de las tuberías y de los sistemas de impulsión.</li> </ul>                   |
|   | Caudal de refrigerante en la camisa | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstrucción de las tuberías de refrigeración del proceso o presión insuficiente.</li> <li>- Fallos del sistema de control asociados.</li> <li>- Fallo de válvulas o impulsores del sistema.</li> <li>- Fuga en las tuberías del circuito de refrigeración.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución de la productividad del proceso, se dificultará obtener las condiciones óptimas para el proceso, ya que afectará a todo el proceso de refrigeración.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas tanto del sistema de control como de los sistemas de impulsión del circuito de refrigeración.</li> </ul> |

| ISONOVA       | Análisis de riesgo HAZOP                 |   | Hoja 2/4  |  |
|---------------|--|---|---|--|
|               | Equipo                                   | Mixer   | Área  | A - 200  |
|               | ÍTEM                                     | M-201   | Localización  | Polígono industrial Satélites, Tarragona.  |
| Palabra clave | Perturbación                             | Causas posibles   | Consecuencias   | Medidas necesarias   |
| Más           | Temperatura                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo del sistema de refrigeración debido a errores en los sistemas de control, válvulas o sistemas de impulsión.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Condiciones no óptimas para el inicio de la reacción química en el reactor.</li> <li>- Puede afectar negativamente a la eficacia del proceso por su carácter exotérmico.</li> <li>- Puede provocar aumentos en la presión interna.</li> </ul>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión periódica de los sistemas de refrigeración, sistemas de impulsión y correcto funcionamiento de la refrigeración en el mixer.</li> </ul>  |
|               | Presión                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento del caudal de reactivos al mixer.</li> <li>- Fallos en el sistema de control e instrumentación.</li> <li>- Fallos en las válvulas reguladoras del caudal de cada reactivo.</li> <li>- Fallo en los sistemas de impulsión.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Condiciones no óptimas para el inicio de la reacción química en el reactor.</li> <li>- Puede afectar negativamente a la eficacia del proceso por su carácter exotérmico.</li> <li>- Riesgo de explosión.</li> <li>- Riesgo de emisión de gases tóxicos o perjudiciales.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión periódica de los sistemas de impulsión y correcto funcionamiento de los sistemas de control.</li> </ul>  |
|               | Caudal de entrada de reactivos al mixer. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallos en el sistema de control e instrumentación.</li> <li>- Fallos en las válvulas reguladoras del caudal de cada reactivo.</li> <li>- Fallo en los sistemas de impulsión.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento del nivel en el mixer.</li> <li>- Disminución de la temperatura de salida en el mixer.</li> <li>- Aumento de la presión en el interior del mixer.</li> <li>- Riesgo de explosión y emisión de gases tóxicos.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión periódica de los sistemas de impulsión y correcto funcionamiento de los sistemas de control.</li> <li>- Instalar sistemas de alarma para cuando se supere un nivel establecido en el mixer.</li> </ul> |

| ISONOVA       | Análisis de riesgo HAZOP            |  | Hoja 2/4   |  |
|---------------|-------------------------------------|--|--|--|
|               | Equipo                              | Mixer  | Área   | A - 200  |
|               | ÍTEM                                | M-201  | Localización   | Polígono industrial Satélites, Tarragona.  |
| Palabra clave | Perturbación                        | Causas posibles  | Consecuencias  | Medidas necesarias   |
|               | Composición de salida del mixer     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Variaciones en la composición de los reactivos de origen.</li> <li>- Fallo del evaporador.</li> <li>- Fallo de los sistemas de control.</li> <li>- Obstrucción de alguna de las tuberías de reactivos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumentará la eficacia del proceso.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalar un sensor de composición en el mixer para controlar el factor.</li> </ul>  |
| Más           | Caudal de refrigerante en la camisa | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de sistema de control en la zona de refrigeración.</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión (bombas) del sistema de refrigeración.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de efectividad del equipo.</li> <li>- Dañar el equipo.</li> <li>- Temperatura de los reactivos por encima de la esperada.</li> <li>- La presión aumentará.</li> <li>- Posible emisión de gases peligrosos para la salud.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas tanto del sistema de control como de los sistemas de impulsión del circuito.</li> <li>- Instalación de alarma en caso de que el nivel supere un límite establecido de seguridad.</li> <li>- Instalación de válvulas de liberación de presión en el mixer.</li> <li>- Revisión del estado de las tuberías de forma periódica.</li> </ul> |

| ISONOVA       | Análisis de riesgo HAZOP                 |  | Hoja 2/4  |  |
|---------------|--|--|---|--|
|               | Equipo                                   | Mixer  | Área  | A - 200  |
|               | ÍTEM                                     | M-201  | Localización  | Polígono industrial Satélites, Tarragona.  |
| Palabra clave | Perturbación                             | Causas posibles  | Consecuencias   | Medidas necesarias   |
| Menos         | Temperatura                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo del sistema de refrigeración debido a errores en los sistemas de control, válvulas o sistemas de impulsión.</li> <li>- Transmisión de calor insuficiente en la carcasa del mixer como consecuencia a incrustaciones de un refrigerante mal purificado.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Condiciones no óptimas para el inicio de la reacción química en el reactor.</li> <li>- Puede afectar negativamente a la eficacia del proceso.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión periódica de los sistemas de refrigeración, sistemas de impulsión y correcto funcionamiento de la refrigeración en el mixer.</li> <li>- Asegurar que el refrigerante empleado no contiene trazas o impurezas de su origen capaces de producir incrustaciones en la carcasa.</li> </ul> |
|               | Presión                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución del caudal de reactivos al mixer.</li> <li>- Fallos en el sistema de control e instrumentación.</li> <li>- Fallos en las válvulas reguladoras del caudal de cada reactivo.</li> <li>- Fallo en los sistemas de impulsión.</li> </ul>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Condiciones no óptimas para el inicio de la reacción química en el reactor.</li> <li>- Pérdida de eficacia del proceso.</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión periódica de los sistemas de impulsión y correcto funcionamiento de los sistemas de control.</li> </ul>  |
|               | Caudal de entrada de reactivos al mixer. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallos en el sistema de control e instrumentación.</li> <li>- Fallos en las válvulas reguladoras del caudal de cada reactivo.</li> <li>- Fallo en los sistemas de impulsión.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución del nivel en el mixer.</li> <li>- Aumento de la temperatura de salida en el mixer.</li> <li>- Riesgo de emisión de gases tóxicos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión periódica de los sistemas de impulsión y correcto funcionamiento de los sistemas de control.</li> <li>- Instalar sistemas de alarma para cuando disminuya de un nivel establecido en el mixer.</li> </ul>  |

| ISONOVA       | Análisis de riesgo HAZOP            |  | Hoja 2/4   |   |
|---------------|-------------------------------------|--|--|---|
|               | Equipo                              | Mixer  | Área   | A - 200   |
|               | ÍTEM                                | M-201  | Localización   | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave | Perturbación                        | Causas posibles  | Consecuencias  | Medidas necesarias  |
| Menos         | Composición de salida del mixer     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Variaciones en la composición de los reactivos de origen.</li> <li>- Fallo del evaporador.</li> <li>- Fallo de los sistemas de control.</li> <li>- Obstrucción de alguna de las tuberías de reactivos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminuirá la eficacia del proceso.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalar un sensor de composición en el mixer para controlar el factor.</li> <li>- Sistemas de control capaces de modificar los caudales de cada reactivo para obtener la composición adecuada en el reactor.</li> </ul>   |
|               | Caudal de refrigerante en la camisa | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de sistema de control en la zona de refrigeración.</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión (bombas) del sistema de refrigeración.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de efectividad del proceso.</li> <li>- Temperatura de los reactivos por debajo de la esperada.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas tanto del sistema de control como de los sistemas de impulsión del circuito.</li> <li>- Instalación de alarma en caso de que el nivel disminuya de un límite establecido..</li> <li>- Revisión del estado de las tuberías de forma periódica.</li> </ul> |
| Además        | Temperatura insuficiente            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Si se produce una fuga en la camisa de refrigeración del mixer, además tendría la problemática de que no estaría refrigerando adecuadamente la mezcla reactiva.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de efectividad del proceso.</li> <li>- Temperatura de los reactivos por debajo de la esperada.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas tanto del sistema de control como de los sistemas de impulsión del circuito.</li> <li>- Revisión del estado de la carcasa de forma periódica.</li> </ul>   |

## **5.12.4 Reactor**

**Tabla 5.27: Método HAZOP aplicado al reactor.**

|  | Análisis de riesgo HAZOP     |  | Hoja 1/8  |   |
|---|------------------------------|--|---|---|
|   | Equipo                       | Reactor  | Área  | A - 300   |
|   | ÍTEM                         | R-301, R-302   | Localización  | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave   | Perturbación                 | Causas posibles  | Consecuencias   | Medidas necesarias  |
| No  | Caudal de entrada al reactor | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstrucción en la tubería de salida del mixer.</li> <li>- Fallo del sistema de control asociado.</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión de los reactivos</li> <li>- Posible fuga en las tuberías previas al reactor..</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Imposibilidad de llevar a cabo la reacción química para la obtención del fosgeno.</li> <li>- Pérdida de productividad y eficiencia en el proceso.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión periódica de los sistemas de control e instrumentación previos al reactor.</li> <li>- Correcto mantenimiento de los sistemas de impulsión previos al reactor.</li> </ul>  |
|   | Caudal de salida del reactor | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstrucción de la tubería de salida del producto del reactor.</li> <li>- Fallo del sistema de control e instrumentación asociado.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Subida del nivel dentro del reactor.</li> <li>- Subida de la temperatura en el interior del reactor.</li> <li>- Posible formación de compuestos no deseados.</li> <li>- Subida de la presión en el interior del reactor.</li> <li>- Peligro de posible explosión y emisión de gases perjudiciales.</li> <li>- Posible desbordamiento.</li> <li>- Posible daño en el reactor y sus componentes.</li> <li>- Disminución de la productividad y eficacia del proceso.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalación de alarmas tanto de nivel, de presión y de temperatura en el reactor para advertir situaciones atípicas y actuar.</li> <li>- Un riguroso sistema de control revisado periódicamente.</li> <li>- Comprobación recurrente del estado de las tuberías de salida del reactor.</li> <li>- Instalación de una válvula de alivio de presión para prevenir una explosión.</li> </ul> |

| ISONOVA       | Análisis de riesgo HAZOP             |   | Hoja 2/8   |  |
|---------------|--------------------------------------|---|--|--|
|               | Equipo                               | Reactor   | Área   | A - 300  |
|               | ÍTEM                                 | R-301, R-302  | Localización   | Polígono industrial Satélites, Tarragona.  |
| Palabra clave | Perturbación                         | Causas posibles   | Consecuencias  | Medidas necesarias   |
| No            | Caudal de refrigerante en la camisa. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posible obstrucción de las tuberías de refrigeración.</li> <li>- Fallo del sistema de control asociado al caudal de refrigerante.</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión del refrigerante.</li> <li>- Posible fuga en el circuito de refrigeración.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la temperatura y de la presión en el interior del reactor.</li> <li>- Riesgo de explosión y emisión de vapores tóxicos.</li> <li>- Pérdida de la eficacia del proceso.</li> <li>- Posibles daños en el reactor y sus componentes.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación recurrente del estado del sistema de recirculación.</li> <li>- Instalación de alarmas de presión y temperatura en el interior del reactor para prevenir situaciones adversas.</li> <li>- Mantenimiento de las tuberías y de los sistemas de impulsión asociados al circuito de refrigeración.</li> </ul> |
| Más           | Temperatura                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posible obstrucción de las tuberías de refrigeración.</li> <li>- Fallo del sistema de control asociado al caudal de refrigerante.</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión del refrigerante.</li> <li>- Posible fuga en el circuito de refrigeración.</li> <li>- Fallo en las condiciones preestablecidas en el mixer.</li> </ul> | <p>Aumento de la temperatura y de la presión en el interior del reactor.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Riesgo de explosión y emisión de vapores tóxicos.</li> <li>- Pérdida de la eficacia del proceso.</li> <li>- Posibles daños en el reactor y sus componentes.</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación recurrente del estado del sistema de recirculación.</li> <li>- Instalación de alarmas de presión y temperatura en el interior del reactor para prevenir situaciones adversas.</li> <li>- Mantenimiento de las tuberías y de los sistemas de impulsión asociados al circuito de refrigeración.</li> </ul> |

|  | Análisis de riesgo HAZOP                    |  | Hoja 3/8  |   |
|---|---|--|---|---|
|   | Equipo                                      | Reactor  | Área  | A - 300   |
|   | ÍTEM  | R-301, R-302   | Localización  | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave   | Perturbación                                | Causas posibles  | Consecuencias   | Medidas necesarias  |
| Más   | Presión                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posible obstrucción de las tuberías de entrada al reactor, haciendo circular un caudal mayor de reactivos al esperado.</li> <li>- Fallo del sistema de control asociado al caudal de alimentación.</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión del alimento.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la temperatura y de la presión en el interior del reactor.</li> <li>- Riesgo de explosión y emisión de vapores tóxicos.</li> <li>- Pérdida de la eficacia del proceso.</li> <li>- Posibles daños en el reactor y sus componentes.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación recurrente del estado del sistema de alimentación.</li> <li>- Instalación de alarmas de presión y temperatura en el interior del reactor para prevenir situaciones adversas.</li> <li>- Mantenimiento de las tuberías y de los sistemas de impulsión asociados a la alimentación..</li> </ul> |
|   | Caudal de entrada al reactor (alimentación) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo del sistema de control asociado.</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión de los reactivos</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la temperatura en el interior del reactor.</li> <li>- Subida del nivel dentro del reactor.</li> <li>- Aumento de la presión en el interior del reactor.</li> <li>- Pérdida de productividad y eficiencia en el proceso.</li> <li>- Posibilidad de formar una explosión.</li> <li>- Posible emisión de vapores nocivos.</li> <li>- Posible formación de compuestos no deseados.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión periódica de los sistemas de control e instrumentación previos al reactor.</li> <li>- Correcto mantenimiento de los sistemas de impulsión previos al reactor.</li> <li>- Instalación de una válvula de alivio de presión para prevenir una explosión.</li> </ul>                                  |

| ISONOVA       | Análisis de riesgo HAZOP               |  | Hoja 4/8   |  |
|---------------|--|--|--|--|
|               | Equipo                                 | Reactor  | Área   | A - 300  |
|               | ÍTEM                                   | R-301, R-302   | Localización   | Polígono industrial Satélites, Tarragona.  |
| Palabra clave | Perturbación                           | Causas posibles  | Consecuencias  | Medidas necesarias   |
|               | Caudal de salida al reactor (producto) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo en la válvula reguladora del caudal de salida..</li> <li>- Fallo del sistema de control e instrumentación asociado.</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución del nivel dentro del reactor.</li> <li>- Disminución de la temperatura en el interior del reactor.</li> <li>- Disminución de la presión en el interior del reactor.</li> <li>- Posible daño en el reactor y sus componentes.</li> <li>- Disminución de la productividad y eficacia del proceso.</li> <li>- Aumento de posibles impurezas en la corriente de productos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalación de alarmas tanto de nivel, de presión y de temperatura en el reactor para advertir situaciones atípicas y actuar.</li> <li>- Un riguroso sistema de control revisado periódicamente.</li> <li>- Comprobación recurrente del estado de las tuberías de salida del reactor.</li> </ul>                      |
| Más           | Caudal de refrigerante en la camisa.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo del sistema de control asociado al caudal de refrigerante.</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión del refrigerante.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución de la temperatura y en el interior del reactor.</li> <li>- Mejora de la eficacia del proceso.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación recurrente del estado del sistema de recirculación.</li> <li>- Instalación de alarmas de presión y temperatura en el interior del reactor para prevenir situaciones adversas.</li> <li>- Mantenimiento de las tuberías y de los sistemas de impulsión asociados al circuito de refrigeración.</li> </ul> |

|  | Análisis de riesgo HAZOP               |   | Hoja 5/8   |  |
|---|--|---|--|--|
|   | Equipo                                 | Reactor   | Área   | A - 300  |
|   | ÍTEM                                   | R-301, R-302  | Localización   | Polígono industrial Satélites, Tarragona.  |
| Palabra clave   | Perturbación                           | Causas posibles   | Consecuencias  | Medidas necesarias   |
| Más   | Caudal de salida al reactor (producto) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo en la válvula reguladora del caudal de salida..</li> <li>- Fallo del sistema de control e instrumentación asociado.</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución del nivel dentro del reactor.</li> <li>- Disminución de la temperatura en el interior del reactor.</li> <li>- Disminución de la presión en el interior del reactor.</li> <li>- Posible daño en el reactor y sus componentes.</li> <li>- Disminución de la productividad y eficacia del proceso.</li> <li>- Aumento de posibles impurezas en la corriente de productos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalación de alarmas tanto de nivel, de presión y de temperatura en el reactor para advertir situaciones atípicas y actuar.</li> <li>- Un riguroso sistema de control revisado periódicamente.</li> <li>- Comprobación recurrente del estado de las tuberías de salida del reactor.</li> </ul>                      |
| Menos   | Temperatura                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exceso en el caudal de refrigeración debido a fallos en el sistema de control o de impulsión..</li> <li>- Fallo en las condiciones preestablecidas en el mixer.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Possible mayor intercambio de calor entre la mezcla reactiva y el refrigerante.</li> <li>- Possible ralentización de la reacción.</li> <li>- Possible formación de reactivos no deseados.</li> <li>- Problemas en la eficacia de la producción.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación recurrente del estado del sistema de recirculación.</li> <li>- Instalación de alarmas de presión y temperatura en el interior del reactor para prevenir situaciones adversas.</li> <li>- Mantenimiento de las tuberías y de los sistemas de impulsión asociados al circuito de refrigeración.</li> </ul> |

|  | Análisis de riesgo HAZOP     |  | Hoja 6/8  |  |
|---|------------------------------|--|---|--|
|   | Equipo                       | Reactor  | Área  | A - 300  |
|   | ÍTEM                         | R-301, R-302   | Localización  | Polígono industrial Satélites, Tarragona.  |
| Palabra clave   | Perturbación                 | Causas posibles  | Consecuencias   | Medidas necesarias   |
| Menos   | Presión                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posible fuga en la alimentación del reactivo o en el reactor.</li> <li>- Fallo del sistema de control asociado al caudal de alimentación.</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión del alimento.</li> </ul>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de eficacia del proceso.</li> <li>- Disminución de la conversión adquirida y presencia de posibles trazas no deseadas o impurezas.</li> <li>- Posible cambio (disminución) de la temperatura.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación recurrente del estado del sistema de alimentación.</li> <li>- Instalación de alarmas de presión y temperatura en el interior del reactor para prevenir situaciones adversas.</li> <li>- Mantenimiento de las tuberías y de los sistemas de impulsión asociados a la alimentación.</li> </ul> |
|   | Caudal de entrada al reactor | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstrucción en la tubería de salida del mixer.</li> <li>- Fallo del sistema de control asociado.</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión de los reactivos.</li> <li>- Posible fuga en las tuberías previas al reactor.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad para llevar a cabo la reacción química para la obtención del fosgeno.</li> <li>- Pérdida de productividad y eficiencia en el proceso.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión periódica de los sistemas de control e instrumentación previos al reactor.</li> <li>- Correcto mantenimiento de los sistemas de impulsión previos al reactor.</li> </ul>   |

|  | Análisis de riesgo HAZOP             |  | Hoja 7/8  |   |
|---|--------------------------------------|--|---|---|
|   | Equipo                               | Reactor  | Área  | A - 300   |
|   | ÍTEM                                 | R-301, R-302   | Localización  | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave   | Perturbación                         | Causas posibles  | Consecuencias   | Medidas necesarias  |
| Menos   | Caudal de salida del reactor         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstrucción de la tubería de salida del producto del reactor.</li> <li>- Fallo del sistema de control e instrumentación asociado.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Subida del nivel dentro del reactor.</li> <li>- Subida de la temperatura en el interior del reactor.</li> <li>- Posible formación de compuestos no deseados.</li> <li>- Subida de la presión en el interior del reactor.</li> <li>- Peligro de posible explosión y emisión de gases perjudiciales.</li> <li>- Posible desbordamiento.</li> <li>- Posible daño en el reactor y sus componentes.</li> <li>- Disminución de la productividad y eficacia del proceso.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalación de alarmas tanto de nivel, de presión y de temperatura en el reactor para advertir situaciones atípicas y actuar.</li> <li>- Un riguroso sistema de control revisado periódicamente.</li> <li>- Comprobación recurrente del estado de las tuberías de salida del reactor.</li> <li>- Instalación de una válvula de alivio de presión para prevenir una explosión.</li> </ul> |
|   | Caudal de refrigerante en la camisa. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Possible obstrucción de las tuberías de refrigeración.</li> <li>- Fallo del sistema de control asociado al caudal de refrigerante.</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión del refrigerante.</li> <li>- Possible fuga en el circuito de refrigeración.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la temperatura y de la presión en el interior del reactor.</li> <li>- Riesgo de explosión y emisión de vapores tóxicos.</li> <li>- Pérdida de la eficacia del proceso.</li> <li>- Posibles daños en el reactor y sus componentes.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobación recurrente del estado del sistema de recirculación.</li> <li>- Instalación de alarmas de presión y temperatura en el interior del reactor para prevenir situaciones adversas.</li> <li>- Mantenimiento de las tuberías y de los sistemas de impulsión asociados al circuito de refrigeración.</li> </ul>  |

| ISONOVA       | Análisis de riesgo HAZOP               |  | Hoja 8/8   |   |
|---------------|--|--|--|---|
|               | Equipo                                 | Reactor  | Área   | A - 300   |
|               | ÍTEM                                   | R-301, R-302   | Localización   | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave | Perturbación                           | Causas posibles  | Consecuencias  | Medidas necesarias  |
| Parte de      | Composición del producto (fosgeno)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comportamiento del reactor desviado respecto a las condiciones en las que se diseñó.</li> <li>- Fallo en los sistemas de control asociados a la composición.</li> <li>- Fallo en el sistema de refrigeración del reactor.</li> <li>- Fallo o irregularidades en la alimentación del reactor.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura y presión distintas a la esperada a la salida del reactor.</li> <li>- Composición y pureza obtenidas distinta a la esperada.</li> <li>- Posible presencia de compuestos no deseados en proporciones distintas a las esperadas.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones regulares de los sistemas de control, de las instalaciones en general y los equipos que forman parte del área 300.</li> <li>- Comprobación del correcto funcionamiento del sistema de refrigeración de la planta.</li> <li>- Instalación de alarmas de presión, temperatura, nivel y composición en el interior o salida del reactor para prevenir situaciones adversas.</li> </ul> |
| Inverso       | Caudal de salida o entrada al reactor. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de los sistemas de control</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión.</li> <li>- Fallo de las válvulas de retención.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución de la productividad del proceso.</li> <li>- Imposibilidad de continuar el proceso con normalidad.</li> <li>- Inversión en el sentido en que circula la corriente respecto del esperado.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento de los sistemas de control y las válvulas asociadas.</li> <li>- Mantenimiento de los sistemas de impulsión.</li> </ul>   |

## 5.12.5 Condensador

Tabla 5.28: Método HAZOP aplicado al condensador.

| <br><b>ISONOVA</b> | Análisis de riesgo HAZOP |   | Hoja 1/5  |   |
|---|--------------------------|---|---|---|
|   | Equipo                   | Condensador   | Área  | A - 500   |
|   | ÍTEM                     | C-501   | Localización  | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave   | Perturbación             | Causas posibles   | Consecuencias   | Medidas necesarias  |
| No  | Caudal de entrada        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstrucción de la tubería de entrada al condensador.</li> <li>- Fugas en la tubería de entrada al condensador.</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión del fluido (producto del reactor).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Imposibilidad de condensar el fosgeno para su separación del resto de componentes.</li> <li>- Aumento de presión en zonas anteriores al condensador.</li> <li>- Disminución de la eficacia del proceso.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas del sistema de impulsión.</li> <li>- Revisión periódica del estado de las tuberías.</li> <li>- Revisión del correcto funcionamiento de los sistemas de control.</li> </ul>   |
|   | Caudal de salida         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstrucción de la tubería de salida al condensador.</li> <li>- Fugas en la tubería de salida al condensador.</li> <li>- Fallo de las válvulas que regulan el caudal en la corriente de salida.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Imposibilidad de obtener el condensado del fosgeno para su separación del resto de componentes.</li> <li>- Aumento de presión en el interior del condensador.</li> <li>- Aumento del nivel en el interior del condensador.</li> <li>- Disminución de la eficacia del proceso.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas del sistema de impulsión.</li> <li>- Revisión periódica del estado de las tuberías.</li> <li>- Revisión del correcto funcionamiento de los sistemas de control.</li> <li>- Sistemas de alarma en caso de exceder el nivel del condensador de un valor máximo.</li> </ul> |

| ISONOVA       | Análisis de riesgo HAZOP |   | Hoja 2/5   |   |
|---------------|--------------------------|---|--|---|
|               | Equipo                   | Condensador   | Área   | A - 500   |
|               | ÍTEM                     | C-501   | Localización   | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave | Perturbación             | Causas posibles   | Consecuencias  | Medidas necesarias  |
| No            | Caudal de refrigerante   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstrucción de alguna tubería en el sistema de refrigeración.</li> <li>- Fugas en la tubería de refrigeración.</li> <li>- Fallo de las válvulas que regulan el caudal de agua de refrigeración.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Imposibilidad de obtener el condensado del fosgeno para su separación del resto de componentes.</li> <li>- Aumento de presión en el interior del condensador.</li> <li>- Disminución de la eficacia del proceso.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas del sistema de impulsión.</li> <li>- Revisión periódica del estado de las tuberías.</li> <li>- Revisión del correcto funcionamiento de los sistemas de control.</li> <li>- Sistemas de alarma en caso de no estar condensando la cantidad esperada del proceso.</li> </ul> |
| Más           | Caudal de entrada        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallos en los sistemas de control encargados del control de caudal previos al condensador.</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobrepresión en el condensador, provocando también un aumento en la temperatura.</li> <li>- Posibilidad de desbordar, ya que aumentaría el nivel del condensador.</li> <li>- Posible daño del condensador.</li> <li>- Problemas de ineficacia del proceso.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas del sistema de impulsión.</li> <li>- Revisión periódica del estado de las tuberías.</li> <li>- Revisión del correcto funcionamiento de los sistemas de control</li> <li>- Sistemas de alarma en caso de exceder el nivel del condensador.</li> </ul>                       |
|               | Caudal de salida         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallos en los sistemas de control encargados del control de caudal previos al condensador.</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdida de nivel del condensador respecto el esperado.</li> <li>- Posible daño del condensador.</li> <li>- Problemas de ineficacia del proceso.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas del sistema de impulsión.</li> <li>- Revisión periódica del estado de las tuberías.</li> <li>- Revisión del correcto funcionamiento de los sistemas de control.</li> <li>- Sistemas de alarma en caso de exceder el nivel del condensador.</li> </ul>                      |

|  | Análisis de riesgo HAZOP |  | Hoja 3/5   |   |
|---|--------------------------|--|--|---|
|   | Equipo                   | Condensador  | Área   | A - 500   |
|   | ÍTEM                     | C-501  | Localización   | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Más   | Temperatura              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caudal de entrada a temperatura más elevada de lo esperado por diseño.</li> <li>- Fallo del sistema de control asociado al reactor.</li> <li>- Fallo en el sistema de refrigeración del reactor o del condensador.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posibles daños en el equipo o sus componentes.</li> <li>- Aumento de presión en el interior del condensador.</li> <li>- Possible emisión de gases nocivos.</li> <li>- Disminución de la eficiencia del proceso.</li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas del sistema de impulsión.</li> <li>- Revisión periódica del estado de las tuberías.</li> <li>- Revisión del correcto funcionamiento de los sistemas de control.</li> <li>- Sistemas de alarma en caso de exceder la presión y la temperatura del condensador.</li> <li>- Instalación de alarmas en caso de sobrepasar la presión o la temperatura un valor preestablecido de seguridad.</li> </ul> |
|   | Presión                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Possible aumento en el caudal de entrada al condensador.</li> <li>- Fallo del sistema de control asociado al reactor.</li> <li>- Fallo de la válvula reguladora del caudal de entrada al condensador.</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posibles daños en el equipo o en sus componentes.</li> <li>- Aumento de presión en el interior del condensador.</li> <li>- Possible emisión de gases nocivos.</li> <li>- Disminución de la eficiencia del proceso.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas del sistema de impulsión.</li> <li>- Revisión periódica del estado de las tuberías.</li> <li>- Revisión del correcto funcionamiento de los sistemas de control.</li> <li>- Sistemas de alarma en caso de exceder la presión y la temperatura del condensador.</li> <li>- Instalación de alarmas en caso de sobrepasar la presión o la temperatura un valor preestablecido de seguridad.</li> </ul> |

|  | Análisis de riesgo HAZOP |   | Hoja 4/5   |   |
|---|--------------------------|---|--|---|
|   | Equipo                   | Condensador   | Área   | A - 500   |
|   | ÍTEM                     | C-501   | Localización   | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave   | Perturbación             | Causas posibles   | Consecuencias  | Medidas necesarias  |
| Menos   | Caudal de entrada        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstrucción de la tubería de entrada al condensador.</li> <li>- Fugas en la tubería de entrada al condensador.</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión del fluido (producto del reactor).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad para condensar el fosgeno para su separación del resto de componentes.</li> <li>- Aumento de presión en zonas anteriores al condensador.</li> <li>- Disminución de la eficacia del proceso.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas del sistema de impulsión.</li> <li>- Revisión periódica del estado de las tuberías.</li> <li>- Revisión del correcto funcionamiento de los sistemas de control.</li> </ul>   |
|   | Caudal de salida         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstrucción de la tubería de salida al condensador.</li> <li>- Fugas en la tubería de salida al condensador.</li> <li>- Fallo de las válvulas que regulan el caudal en la corriente de salida.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad para obtener el condensado del fosgeno para su separación del resto de componentes.</li> <li>- Aumento de presión en el interior del condensador.</li> <li>- Aumento del nivel en el interior del condensador.</li> <li>- Disminución de la eficacia del proceso.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas del sistema de impulsión.</li> <li>- Revisión periódica del estado de las tuberías.</li> <li>- Revisión del correcto funcionamiento de los sistemas de control.</li> <li>- Sistemas de alarma en caso de exceder el nivel del condensador de un valor máximo.</li> </ul> |
|   | Caudal de refrigerante   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obstrucción de alguna tubería en el sistema de refrigeración.</li> <li>- Fugas en la tubería de refrigeración.</li> <li>- Fallo de las válvulas que regulan el caudal de agua de refrigeración.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad de obtener el condensado del fosgeno para su separación del resto de componentes.</li> <li>- Aumento de presión en el interior del condensador.</li> <li>- Disminución de la eficacia del proceso.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones periódicas del sistema de impulsión.</li> <li>- Revisión periódica del estado de las tuberías.</li> <li>- Revisión del correcto funcionamiento de los sistemas de control.</li> <li>- Sistemas de alarma en caso de no estar condensando.</li> </ul>                                |

|  | Análisis de riesgo HAZOP           |  | Hoja 5/5   |   |
|---|------------------------------------|--|--|---|
|   | Equipo                             | Condensador  | Área   | A - 500   |
|   | ÍTEM                               | C-501  | Localización   | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave   | Perturbación                       | Causas posibles  | Consecuencias  | Medidas necesarias  |
| Parte de  | Composición del producto (fosgeno) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comportamiento del reactor o condensador desviado respecto a las condiciones en las que se diseñó.</li> <li>- Fallo en los sistemas de control asociados a la composición.</li> <li>- Fallo en el sistema de refrigeración del condensador.</li> <li>- Fallo o irregularidades en la alimentación del condensador.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura y presión distintas a la esperada a la salida del condensador.</li> <li>- Composición y pureza obtenidas distinta a la esperada.</li> <li>- Posible presencia de compuestos no deseados en proporciones distintas a las esperadas.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones regulares de los sistemas de control, de las instalaciones en general y los equipos que forman parte del área 500.</li> <li>- Comprobación del correcto funcionamiento del sistema de refrigeración de la planta.</li> <li>- Instalación de alarmas de presión, temperatura, nivel y composición en el interior o salida del condensador para prevenir situaciones adversas.</li> </ul> |
| Inverso   | Caudal de entrada al condensador   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de los sistemas de control</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión.</li> <li>- Fallo de las válvulas de retención.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución de la productividad del proceso.</li> <li>- Imposibilidad de continuar el proceso con normalidad.</li> <li>- Inversión en el sentido en que circula la corriente respecto del esperado.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento de los sistemas de control y las válvulas asociadas.</li> <li>- Mantenimiento de los sistemas de impulsión.</li> </ul>   |

## 5.12.6 Scrubber

**Tabla 5.29:** Método HAZOP aplicado al scrubber.

| ISONOVA       | Análisis de riesgo HAZOP |   | Hoja 1/5   |   |
|---------------|--------------------------|---|--|---|
|               | Equipo                   | Scrubber  | Área   | A - 600   |
|               | ÍTEM                     | S-601   | Localización   | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave | Perturbación             | Causas posibles   | Consecuencias  | Medidas necesarias  |
| No            | Caudal de gas de entrada | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de los sistemas de control</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión.</li> <li>- Fallo de las válvulas de regulación del caudal.</li> <li>- Posibles fugas en la tubería de entrada al scrubber.</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad para filtrar los componentes residuales de la reacción, por lo que los contaminantes se acumularán aumentando la presión en las tuberías previas.</li> <li>- Posibles daños en equipos y tuberías.</li> <li>- Posibles repercusiones legales por las consecuencias medioambientales.</li> <li>- Dificultad para seguir el proceso.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Correcto mantenimiento del sistema de seguridad.</li> <li>- Correcto mantenimiento de las tuberías y revisiones periódicas para evitar obstrucciones o fugas.</li> <li>- Mantenimiento adecuado de los sistemas de impulsión.</li> </ul> |
|               | Caudal de gas de salida  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de los sistemas de control</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión.</li> <li>- Fallo de las válvulas de regulación del caudal.</li> <li>- Posibles obstrucciones en la tubería de salida al scrubber.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad para filtrar los componentes residuales de la reacción, por lo que los contaminantes se acumularán aumentando la presión en las tuberías previas.</li> <li>- Posibles daños en equipos y tuberías.</li> <li>- Posibles repercusiones legales por las consecuencias medioambientales.</li> <li>- Aumento de presión en el interior del scrubber.</li> <li>- Dificultad para seguir el proceso.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Correcto mantenimiento del sistema de seguridad.</li> <li>- Correcto mantenimiento de las tuberías y revisiones periódicas para evitar obstrucciones o fugas.</li> <li>- Mantenimiento adecuado de los sistemas de impulsión.</li> </ul> |

|  | Análisis de riesgo HAZOP |  | Hoja 2/5   |   |
|---|--------------------------|--|--|---|
|   | Equipo                   | Scrubber   | Área   | A - 600   |
|   | ÍTEM                     | S-601  | Localización   | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave   | Perturbación             | Causas posibles  | Consecuencias  | Medidas necesarias  |
| No  | Caudal de glicerol       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de los sistemas de control</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión.</li> <li>- Fallo de las válvulas de regulación del caudal.</li> <li>- Posibles fugas en la tubería de entrada al scrubber.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad para filtrar los componentes residuales de la reacción, por lo que los contaminantes se acumularán aumentando la presión en las tuberías previas.</li> <li>- Posibles daños en equipos y tuberías.</li> <li>- Posibles repercusiones legales por las consecuencias medioambientales.</li> <li>- Dificultad para seguir el proceso.</li> </ul>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Correcto mantenimiento del sistema de seguridad.</li> <li>- Correcto mantenimiento de las tuberías y revisiones periódicas para evitar obstrucciones o fugas.</li> <li>- Mantenimiento adecuado de los sistemas de impulsión.</li> </ul> |
| Más   | Caudal de gas de entrada | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de los sistemas de control</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión.</li> <li>- Fallo de las válvulas de regulación del caudal.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad para filtrar los componentes residuales de la reacción, por lo que los contaminantes podrían salir del scrubber en mayor proporción a lo esperado.</li> <li>- Posibles daños en equipos y tuberías.</li> <li>- Posibles repercusiones legales por las consecuencias medioambientales.</li> <li>- Dificultad para seguir el proceso por la purificación ineficiente.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Correcto mantenimiento del sistema de seguridad.</li> <li>- Correcto mantenimiento de las tuberías y revisiones periódicas para evitar obstrucciones o fugas.</li> <li>- Mantenimiento adecuado de los sistemas de impulsión.</li> </ul> |

|  | Análisis de riesgo HAZOP |  | Hoja 3/5  |   |
|---|--------------------------|--|---|---|
|   | Equipo                   | Scrubber   | Área  | A - 600   |
|   | ÍTEM                     | S-601  | Localización  | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave   | Perturbación             | Causas posibles  | Consecuencias   | Medidas necesarias  |
| Más   | Caudal de gas de salida  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de los sistemas de control</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión.</li> <li>- Fallo de las válvulas de regulación del caudal.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución de la eficacia del proceso.</li> <li>- Posibles daños en equipos y tuberías.</li> <li>- Posibles repercusiones legales por las consecuencias medioambientales.</li> <li>- Aumento de presión en el interior del scrubber.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Correcto mantenimiento del sistema de seguridad.</li> <li>- Correcto mantenimiento de las tuberías y revisiones periódicas para evitar obstrucciones o fugas.</li> <li>- Mantenimiento adecuado de los sistemas de impulsión.</li> </ul> |
|   | Caudal de glicerol       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de los sistemas de control</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión.</li> <li>- Fallo de las válvulas de regulación del caudal.</li> <li>- Posibles fugas en la tubería de entrada al scrubber.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución de la eficacia del proceso.</li> <li>- Posibles daños en equipos y tuberías.</li> <li>- Posibles repercusiones legales por las consecuencias medioambientales.</li> <li>- Dificultad para seguir el proceso.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Correcto mantenimiento del sistema de seguridad.</li> <li>- Correcto mantenimiento de las tuberías y revisiones periódicas para evitar obstrucciones o fugas.</li> <li>- Mantenimiento adecuado de los sistemas de impulsión.</li> </ul> |
| Menos   | Caudal de gas de entrada | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de los sistemas de control</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión.</li> <li>- Fallo de las válvulas de regulación del caudal.</li> <li>- Posibles fugas en la tubería de entrada al scrubber.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad para filtrar los componentes residuales de la reacción, por lo que los contaminantes se acumularán aumentando la presión en las tuberías previas.</li> <li>- Posibles daños en equipos y tuberías.</li> <li>- Posibles repercusiones legales por las consecuencias medioambientales.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Correcto mantenimiento del sistema de seguridad.</li> <li>- Correcto mantenimiento de las tuberías y revisiones periódicas para evitar obstrucciones o fugas.</li> <li>- Mantenimiento adecuado de los sistemas de impulsión.</li> </ul> |

| ISONOVA       | Análisis de riesgo HAZOP |   | Hoja 4/5   |   |
|---------------|--------------------------|---|--|---|
|               | Equipo                   | Scrubber  | Área   | A - 600   |
|               | ÍTEM                     | S-601   | Localización   | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave | Perturbación             | Causas posibles   | Consecuencias  | Medidas necesarias  |
| Menos         | Caudal de gas de salida  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de los sistemas de control</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión.</li> <li>- Fallo de las válvulas de regulación del caudal.</li> <li>- Posibles obstrucciones en la tubería de salida al scrubber.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad para filtrar los componentes residuales de la reacción, por lo que los contaminantes se acumularán aumentando la presión en las tuberías previas.</li> <li>- Posibles daños en equipos y tuberías.</li> <li>- Posibles repercusiones legales por las consecuencias medioambientales.</li> <li>- Aumento de presión en el interior del scrubber.</li> <li>- Dificultad para seguir el proceso.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Correcto mantenimiento del sistema de seguridad.</li> <li>- Correcto mantenimiento de las tuberías y revisiones periódicas para evitar obstrucciones o fugas.</li> <li>- Mantenimiento adecuado de los sistemas de impulsión.</li> </ul> |
|               | Caudal de glicerol       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de los sistemas de control</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión.</li> <li>- Fallo de las válvulas de regulación del caudal.</li> <li>- Posibles fugas en la tubería de entrada al scrubber.</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad para filtrar los componentes residuales de la reacción, por lo que los contaminantes se acumularán aumentando la presión en las tuberías previas.</li> <li>- Posibles daños en equipos y tuberías.</li> <li>- Posibles repercusiones legales por las consecuencias medioambientales.</li> <li>- Dificultad para seguir el proceso.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Correcto mantenimiento del sistema de seguridad.</li> <li>- Correcto mantenimiento de las tuberías y revisiones periódicas para evitar obstrucciones o fugas.</li> <li>- Mantenimiento adecuado de los sistemas de impulsión.</li> </ul> |

|  | Análisis de riesgo HAZOP           |   | Hoja 5/5  |  |
|---|------------------------------------|---|---|--|
|   | Equipo                             | Scrubber  | Área  | A - 600  |
|   | ÍTEM                               | S-601   | Localización  | Polígono industrial Satélites, Tarragona.  |
| Palabra clave   | Perturbación                       | Causas posibles   | Consecuencias   | Medidas necesarias   |
| Parte de  | Composición del producto (fosgeno) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comportamiento del scrubber distinto a las condiciones en las que se diseñó.</li> <li>- Fallo en los sistemas de control asociados a la composición.</li> <li>- Fallo en el sistema de refrigeración del condensador.</li> <li>- Fallo o irregularidades en la alimentación del scrubber.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura y presión distintas a la esperada a la salida del scrubber.</li> <li>- Composición y pureza obtenidas distinta a la esperada.</li> <li>- Posible presencia de compuestos no deseados en proporciones distintas a las esperadas.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisiones regulares de los sistemas de control, de las instalaciones en general y los equipos que forman parte del área 600.</li> <li>- Comprobación del correcto funcionamiento del sistema de refrigeración de la planta.</li> <li>- Instalación de alarmas de composición en el interior o salida del scrubber para prevenir situaciones adversas.</li> </ul> |
| Inverso   | Caudal de entrada al scrubber.     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fallo de los sistemas de control</li> <li>- Fallo de los sistemas de impulsión.</li> <li>- Fallo de las válvulas de retención.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución de la productividad del proceso.</li> <li>- Imposibilidad de continuar el proceso con normalidad.</li> <li>- Inversión en el sentido en que circula la corriente respecto del esperado.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento de los sistemas de control y las válvulas asociadas.</li> <li>- Mantenimiento de los sistemas de impulsión.</li> </ul>  |

## **5.12.7 Compresores**

**Tabla 5.30:** Método HAZOP aplicado a los compresores.

| ISONOVA       | Análisis de riesgo HAZOP |  | Hoja 1/4   |  |
|---------------|--------------------------|--|--|--|
|               | Equipo                   | Compresor  | Área   | A - 900  |
|               | ÍTEM                     | CM-901, CM-902, CM-903, CM-904, CM-905, CM-906, CM-907   | Localización   | Polígono industrial Satélites, Tarragona.  |
| Palabra clave | Perturbación             | Causas posibles  | Consecuencias  | Medidas necesarias   |
| No            | Caudal                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Funcionamiento erróneo del compresor.</li> <li>- Fugas en corrientes anteriores.</li> <li>- Fallos en el sistema eléctrico.</li> <li>- Fallos en el sistema de control asociado.</li> <li>- Fallo en la válvula reguladora del caudal.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Daño del equipo o de alguno de sus componentes por el sobrecalentamiento generado.</li> <li>- Dificultad para el sistema de transporte del fluido, complicando el hecho de seguir el proceso.</li> <li>- Cambios en las condiciones de las tuberías (presión).</li> <li>- Posibilidad de fugas o explosiones.</li> <li>- Disminución de la eficiencia del proceso.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento adecuado tanto de las instalaciones como de sistemas de control.</li> <li>- Instalación de detectores capaces de percibir cambios anormales en el caudal de las corrientes o cambios en la presión esperada.</li> </ul> |
| Más           | Caudal                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Funcionamiento erróneo del compresor.</li> <li>- Fallos en el sistema de control asociado.</li> <li>- Fallo en la válvula reguladora del caudal.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modificaciones en el sistema de transporte del fluido, complicando el hecho de seguir el proceso.</li> <li>- Cambios en las condiciones de las tuberías (presión).</li> <li>- Aumento de la temperatura.</li> <li>- Disminución de la eficiencia del proceso.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento adecuado tanto de las instalaciones como de sistemas de control.</li> <li>- Instalación de detectores capaces de percibir cambios anormales en el caudal de las corrientes o cambios en la presión esperada.</li> </ul> |

|               | Análisis de riesgo HAZOP |  | Hoja 2/4   |   |
|---------------|--------------------------|--|--|---|
|               | Equipo                   | Compresor  | Área   | A - 900   |
|               | ÍTEM                     | CM-901, CM-902, CM-903, CM-904, CM-905, CM-906, CM-907   | Localización   | Polígono industrial Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave | Perturbación             | Causas posibles  | Consecuencias  | Medidas necesarias  |
| Más           | Temperatura              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento inusual en la velocidad de rotación.</li> <li>- Temperatura inusual proveniente de partes anteriores del proceso.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posible daño en el compresor o alguno de sus componentes.</li> <li>- Pérdida de la productividad del proceso.</li> <li>- Posibles cambios en las condiciones de transporte de los fluidos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento adecuado tanto de las instalaciones como de sistemas de control.</li> <li>- Instalación de detectores capaces de percibir cambios anormales en el caudal y la temperatura de las corrientes o cambios en la presión esperada.</li> </ul> |
|               | Presión                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento inusual en la velocidad de rotación.</li> <li>- Posibles obstrucciones en las tuberías adyacentes.</li> <li>- Aumento inusual del caudal debido a fallos en su regulación.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posible daño en el compresor o alguno de sus componentes.</li> <li>- Pérdida de la productividad del proceso.</li> <li>- Posibles cambios en las condiciones de transporte de los fluidos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento adecuado tanto de las instalaciones como de sistemas de control.</li> <li>- Instalación de detectores capaces de percibir cambios anormales en el caudal y la presión de las corrientes o cambios en la presión esperada.</li> </ul>     |

| ISONOVA       | Análisis de riesgo HAZOP |  | Hoja 3/4   |   |
|---------------|--------------------------|--|--|---|
|               | Equipo                   | Compresor  | Área   | A - 900   |
|               | ÍTEM                     | CM-901,CM-902,<br>CM-903,CM-904,<br>CM-905,CM-906,<br>CM-907   | Localización   | Polígono industrial<br>Satélites, Tarragona.  |
| Palabra clave | Perturbación             | Causas posibles  | Consecuencias  | Medidas necesarias  |
| Menos         | Caudal                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Funcionamiento erróneo del compresor.</li> <li>- Fugas en corrientes anteriores.</li> <li>- Fallos en el sistema eléctrico.</li> <li>- Fallos en el sistema de control asociado.</li> <li>- Fallo en la válvula reguladora del caudal.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Daño del equipo o de alguno de sus componentes por el sobrecalentamiento generado.</li> <li>- Dificultad para el sistema de transporte del fluido, complicando el hecho de seguir el proceso.</li> <li>- Cambios en las condiciones de las tuberías (presión).</li> <li>- Posibilidad de fugas o explosiones.</li> <li>- Disminución de la eficiencia del proceso.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento adecuado tanto de las instalaciones como de sistemas de control.</li> <li>- Instalación de detectores capaces de percibir cambios anormales en el caudal de las corrientes o cambios en la presión esperada.</li> </ul>                  |
|               | Temperatura              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución inusual en la velocidad de rotación.</li> <li>- Temperatura inusual proveniente de partes anteriores del proceso.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posible daño en el compresor o alguno de sus componentes.</li> <li>- Pérdida de la productividad del proceso.</li> <li>- Posibles cambios en las condiciones de transporte de los fluidos.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento adecuado tanto de las instalaciones como de sistemas de control.</li> <li>- Instalación de detectores capaces de percibir cambios anormales en el caudal y la temperatura de las corrientes o cambios en la presión esperada.</li> </ul> |

|               | Análisis de riesgo HAZOP |  | Hoja 4/4   |   |
|---------------|--------------------------|--|--|---|
|               | Equipo                   | Compresor  | Área   | A - 900   |
|               | ÍTEM                     | CM-901,CM-902,<br>CM-903,CM-904,<br>CM-905,CM-906,<br>CM-907   | Localización   | Polígono industrial<br>Satélites, Tarragona.  |
| Palabra clave | Perturbación             | Causas posibles  | Consecuencias  | Medidas necesarias  |
| Menos         | Presión                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución inusual en la velocidad de rotación.</li> <li>- Posibles fugas en las tuberías adyacentes.</li> <li>- Disminución inusual del caudal debido a fallos en su regulación.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posible daño en el compresor o alguno de sus componentes.</li> <li>- Pérdida de la productividad del proceso.</li> <li>- Posibles cambios en las condiciones de transporte de los fluidos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento adecuado tanto de las instalaciones como de sistemas de control.</li> <li>- Instalación de detectores capaces de percibir cambios anormales en el caudal y la presión de las corrientes o cambios en la presión esperada.</li> </ul> |

## 5.12.8 Bombas

**Tabla 5.31:** Método HAZOP aplicado a las bombas.

|               | Análisis de riesgo HAZOP     |  | Hoja 1/6  |  |
|---------------|------------------------------|--|---|--|
|               | Equipo                       | Bomba  | Área  | A - 900  |
|               | ÍTEM                         | B-901,B-902,B-903, B-904,B-905,B-906, B-907,B-908,B-909, B-910,B-911,B-912, B-913,B-914,B-915, B-916   | Localización  | Polígono industrial Satélites, Tarragona.  |
| Palabra clave | Perturbación                 | Causas posibles  | Consecuencias   | Medidas necesarias   |
| No            | Caudal de entrada a la bomba | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posibles fugas en la tubería previa.</li> <li>- Possible obstrucción en las tuberías previas.</li> <li>- Possible fallo del equipo (bomba).</li> <li>- Error en el sistema de control.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modificaciones en el sistema de transporte del fluido, complicando el hecho de seguir el proceso.</li> <li>- Cambios en las condiciones de las tuberías (presión).</li> <li>- Aumento de la temperatura.</li> <li>- Disminución de la eficiencia del proceso.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento adecuado tanto de las instalaciones como de sistemas de control.</li> <li>- Instalación de detectores capaces de percibir cambios anormales en el caudal de las corrientes o cambios en la presión esperada.</li> </ul> |
|               | Caudal de salida a la bomba  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posibles fugas en la tubería previa.</li> <li>- Possible obstrucción en las tuberías previas.</li> <li>- Possible fallo del equipo (bomba).</li> <li>- Error en el sistema de control.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modificaciones en el sistema de transporte del fluido, complicando el hecho de seguir el proceso.</li> <li>- Cambios en las condiciones de las tuberías (presión).</li> <li>- Aumento de la temperatura.</li> <li>- Disminución de la eficiencia del proceso.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento adecuado tanto de las instalaciones como de sistemas de control.</li> <li>- Instalación de detectores capaces de percibir cambios anormales en el caudal de las corrientes o cambios en la presión esperada.</li> </ul> |

|     | Análisis de riesgo HAZOP     |  | Hoja 2/6  |  |
|-----|------------------------------|--|---|--|
|     | Equipo                       | Bomba  | Área  | A - 900  |
|     | ÍTEM                         | B-901,B-902,B-903,<br>B-904,B-905,B-906,<br>B-907,B-908,B-909,<br>B-910,B-911,B-912,<br>B-913,B-914,B-915,<br>B-916  | Localización  | Polígono industrial<br>Satélites, Tarragona.   |
|     | Palabra clave                | Perturbación   | Causas posibles   | Consecuencias  |
| Más | Caudal de entrada a la bomba | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modificaciones en el sistema de transporte del fluido, complicando el hecho de seguir el proceso.</li> <li>- Cambios en las condiciones de las tuberías (presión).</li> <li>- Disminución de la eficiencia del proceso.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modificaciones en el sistema de transporte del fluido, complicando el hecho de seguir el proceso.</li> <li>- Cambios en las condiciones de las tuberías (presión).</li> <li>- Sobrecarga de la bomba y posibilidad de ineficiencia o incluso fallo del equipo.</li> <li>- Disminución de la eficiencia del proceso.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento adecuado tanto de las instalaciones como de sistemas de control.</li> <li>- Instalación de detectores capaces de percibir cambios anormales en el caudal de las corrientes o cambios en la presión esperada.</li> </ul> |
|     | Caudal de salida a la bomba  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modificaciones en el sistema de transporte del fluido, complicando el hecho de seguir el proceso.</li> <li>- Cambios en las condiciones de las tuberías (presión).</li> <li>- Disminución de la eficiencia del proceso.</li> <li>- Posible cavitación de la bomba.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modificaciones en el sistema de transporte del fluido, complicando el hecho de seguir el proceso.</li> <li>- Cambios en las condiciones de las tuberías (presión).</li> <li>- Sobrecarga de la bomba y posibilidad de ineficiencia o incluso fallo del equipo.</li> <li>- Disminución de la eficiencia del proceso.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento adecuado tanto de las instalaciones como de sistemas de control.</li> <li>- Instalación de detectores capaces de percibir cambios anormales en el caudal de las corrientes o cambios en la presión esperada.</li> </ul> |

|               | Análisis de riesgo HAZOP |  | Hoja 3/6  |   |
|---------------|--------------------------|--|---|---|
|               | Equipo                   | Bomba  | Área  | A - 900   |
|               | ÍTEM                     | B-901,B-902,B-903,<br>B-904,B-905,B-906,<br>B-907,B-908,B-909,<br>B-910,B-911,B-912,<br>B-913,B-914,B-915,<br>B-916  | Localización  | Polígono industrial<br>Satélites, Tarragona.  |
| Palabra clave | Perturbación             | Causas posibles  | Consecuencias   | Medidas necesarias  |
| <b>Más</b>    | Temperatura              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Possible fallo en el sistema de control.</li> <li>- Temperatura inusual proveniente de partes anteriores del proceso.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Possible daño en la bomba o alguno de sus componentes.</li> <li>- Pérdida de la productividad del proceso.</li> <li>- Posibles cambios en las condiciones de transporte de los fluidos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento adecuado tanto de las instalaciones como de sistemas de control.</li> <li>- Instalación de detectores capaces de percibir cambios anormales en el caudal y la temperatura de las corrientes o cambios en la presión esperada.</li> </ul> |
|               | Presión                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento inusual en la velocidad de rotación.</li> <li>- Posibles obstrucciones en las tuberías adyacentes.</li> <li>- Aumento inusual del caudal debido a fallos en su regulación.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Possible daño en la bomba o alguno de sus componentes.</li> <li>- Pérdida de la productividad del proceso.</li> <li>- Posibles cambios en las condiciones de transporte de los fluidos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento adecuado tanto de las instalaciones como de sistemas de control.</li> <li>- Instalación de detectores capaces de percibir cambios anormales en el caudal y la presión de las corrientes o cambios en la presión esperada.</li> </ul>     |

|               | Análisis de riesgo HAZOP     |  | Hoja 4/6  |  |
|---------------|------------------------------|--|---|--|
|               | Equipo                       | Bomba  | Área  | A - 900  |
|               | ÍTEM                         | B-901,B-902,B-903,<br>B-904,B-905,B-906,<br>B-907,B-908,B-909,<br>B-910,B-911,B-912,<br>B-913,B-914,B-915,<br>B-916  | Localización  | Polígono industrial<br>Satélites, Tarragona.   |
| Palabra clave | Perturbación                 | Causas posibles  | Consecuencias   | Medidas necesarias   |
| Menos         | Caudal de entrada a la bomba | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Funcionamiento erróneo de la bomba.</li> <li>- Fugas en corrientes anteriores.</li> <li>- Obstrucciones en tuberías anteriores.</li> <li>- Fallos en el sistema de control asociado.</li> <li>- Fallo en la válvula reguladora del caudal.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Daño del equipo o de alguno de sus componentes por el sobrecalentamiento generado.</li> <li>- Dificultad para el sistema de transporte del fluido, complicando el hecho de seguir el proceso.</li> <li>- Cambios en las condiciones de las tuberías (presión).</li> <li>- Posibilidad de fugas</li> <li>- Disminución de la eficiencia del proceso.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento adecuado tanto de las instalaciones como de sistemas de control.</li> <li>- Instalación de detectores capaces de percibir cambios anormales en el caudal de las corrientes o cambios en la presión esperada.</li> </ul> |
|               | Caudal de salida a la bomba  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Funcionamiento erróneo de la bomba.</li> <li>- Fugas en corrientes anteriores.</li> <li>- Obstrucciones en tuberías anteriores.</li> <li>- Fallos en el sistema de control asociado.</li> <li>- Fallo en la válvula reguladora del caudal.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Daño del equipo o de alguno de sus componentes por el sobrecalentamiento generado.</li> <li>- Dificultad para el sistema de transporte del fluido, complicando el hecho de seguir el proceso.</li> <li>- Cambios en las condiciones de las tuberías (presión).</li> <li>- Posibilidad de fugas</li> <li>- Disminución de la eficiencia del proceso.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento adecuado tanto de las instalaciones como de sistemas de control.</li> <li>- Instalación de detectores capaces de percibir cambios anormales en el caudal de las corrientes o cambios en la presión esperada.</li> </ul> |

|               | Análisis de riesgo HAZOP |  | Hoja 5/6  |   |
|---------------|--------------------------|--|---|---|
|               | Equipo                   | Bomba  | Área  | A - 900   |
|               | ÍTEM                     | B-901,B-902,B-903,<br>B-904,B-905,B-906,<br>B-907,B-908,B-909,<br>B-910,B-911,B-912,<br>B-913,B-914,B-915,<br>B-916  | Localización  | Polígono industrial<br>Satélites, Tarragona.  |
| Palabra clave | Perturbación             | Causas posibles  | Consecuencias   | Medidas necesarias  |
| Menos         | Temperatura              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura inusual proveniente de partes anteriores del proceso.</li> <li>- Fallo del sistema de control pertinente.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posible daño en la bomba o alguno de sus componentes..</li> <li>- Pérdida de la productividad del proceso.</li> <li>- Posibles cambios en las condiciones de transporte de los fluidos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento adecuado tanto de las instalaciones como de sistemas de control.</li> <li>- Instalación de detectores capaces de percibir cambios anormales en el caudal y la temperatura de las corrientes o cambios en la presión esperada.</li> </ul> |
|               | Presión                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posibles fugas en la bomba o en tuberías adyacentes.</li> <li>- Caudal de entrada inusual, menor a lo previsto por fallos como en el sistema de control o en la válvula de regulación de caudal.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Posible daño en la bomba o alguno de sus componentes..</li> <li>- Pérdida de la productividad del proceso.</li> <li>- Posibles cambios en las condiciones de transporte de los fluidos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento adecuado tanto de las instalaciones como de sistemas de control.</li> <li>- Instalación de detectores capaces de percibir cambios anormales en el caudal de las corrientes o cambios en la presión esperada.</li> </ul>                  |

| <br><b>ISONOVA</b> | Análisis de riesgo HAZOP |   | Hoja 6/6  |   |
|---|--------------------------|---|---|---|
|   | Equipo                   | Bomba   | Área  | A - 900   |
|   | ÍTEM                     | B-901,B-902,B-903,<br>B-904,B-905,B-906,<br>B-907,B-908,B-909,<br>B-910,B-911,B-912,<br>B-913,B-914,B-915,<br>B-916   | Localización  | Polígono industrial<br>Satélites, Tarragona.  |
| Palabra clave   | Perturbación             | Causas posibles   | Consecuencias   | Medidas necesarias  |
| Inverso   | Caudal                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Possible fallada de la bomba</li> <li>- Possible fallo del sistema de control de caudal.</li> <li>- Possible fallo de la válvula reguladora del caudal.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Imposibilidad de seguir el proceso ya que el fluido no se dirige hacia el siguiente equipo necesario.</li> <li>- Disminución de la efectividad del proceso.</li> <li>- Posibles daños en los equipos o instalación.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento adecuado tanto de las instalaciones como de sistemas de control.</li> <li>- Instalación de detectores capaces de percibir cambios anormales en el caudal y la presión de las corrientes o cambios en la presión esperada.</li> <li>- Realizar mantenimientos frecuentes a las bombas.</li> </ul> |

## 5.13 Bibliografía

[1] Boletín Oficial del Estado (1995). *Real Decreto 286/1995, de 24 de febrero, sobre condiciones de seguridad y salud en los lugares de trabajo.*

<https://www.boe.es/buscar/pdf/1995/BOE-A-1995-24292-consolidado.pdf>

[2] Boletín Oficial del Estado (1997). *Real Decreto 8668/1997 sobre medidas para mejorar la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes químicos en el trabajo.*

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8668>

[3] Universidad de Cádiz (2017). *Señales de Seguridad.*

<https://ciencias.uca.es/wp-content/uploads/2017/03/senales.pdf?u>

[4] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2023). *Guía técnica sobre señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo.*

<https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/guia-tecnica-sobre-señalizacion-de-sst-2023>

[5] Boletín Oficial del Estado (1997). *Real Decreto 8668/1997 sobre medidas para mejorar la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes químicos en el trabajo.*

<https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-8668-consolidado.pdf>

[6] ISASTUR (2024). *Normativa sobre seguridad en el trabajo.*

[https://www.isastur.com/external/seguridad/data/es/2/2\\_3\\_2\\_3.htm](https://www.isastur.com/external/seguridad/data/es/2/2_3_2_3.htm)

[7] Asociación Española de Normalización (UNE) (2021). *Norma UNE 57693 sobre señalización de seguridad.*

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0057693>

---

[8] Boletín Oficial del Estado (2016). *Directiva (UE) 2016/805 sobre las condiciones de seguridad en el trabajo.*

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2016-80531>

[9] Boletín Oficial del Estado (1997). *Real Decreto 12735/1997 sobre equipos de protección individual.*

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-12735>

[10] Redalyc (2021). *Métodos de extinción y agentes extintores.*

<https://www.redalyc.org/journal/817/81775229013/html/>

[11] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (s.f.). *Selección y uso de equipos de protección individual.*

<https://www.insst.es/materias/equipos/epi/fichas-de-seleccion-y-uso>

[12] Mutua Universal (s.f.). *Ficha de equipo de protección individual.*

[https://www.mutuauniversal.net/export/PRL-Itg-20180409/anexos/21\\_01\\_Ficha\\_de\\_equipo.pdf](https://www.mutuauniversal.net/export/PRL-Itg-20180409/anexos/21_01_Ficha_de_equipo.pdf)

[13] Boletín Oficial del Estado (1997). *Real Decreto 12735/1997, sobre equipos de protección individual.*

<https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-12735-consolidado.pdf#:~:text=Real%20Decreto%20773%2F1997%2C%20de%2030%20de%20mayo%2C%20sobre,140%2C%20de%2012%20de%20junio%20de%201997Referencia%3A%20BOE-A-1997-12735>

[14] Boletín Oficial del Estado (1992). *Ley de Prevención de Riesgos Laborales.*  
<https://www.boe.es/boe/dias/1992/12/28/pdfs/A44120-44131.pdf>

[15] Boletín Oficial del Estado (2017). *Real Decreto 6606/2017 sobre equipos de protección colectiva.*

---

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2017-6606>

[16] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2018). *Métodos de detección de incendios.*

[https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/3-serie-ntp-numeros-086-a-120-ano-1984/ntp-99-metodos-de-extincion-y-agente](https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/3-serie-ntp-numeros-086-a-120-ano-1984/ntp-99-metodos-de-extincion-y-agentes-extintores)  
<nts-extintores>

[17] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2018). *Detección de incendios.*

<https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/2-serie-ntp-numeros-036-a-085-ano-1983/ntp-40-deteccion-de-incendios>

[18] Asociación Española de Normalización (UNE) (2023). *Norma UNE 68549 sobre seguridad en instalaciones eléctricas.*

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0068549>

[19] Boletín Oficial del Estado (2009). *Real Decreto 1964/2009 sobre señalización de seguridad en los lugares de trabajo.*

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2009-1964>

[20] Bifan IBERICA (2018). *Guía para la selección y uso de equipos de protección individual.*

<https://www.bifaniberica.com/wp-content/uploads/2018/10/10.ITCMIEAPQ5.pdf>

[21] Ctaima. (2023, 8 marzo). *Fichas de seguridad de los productos químicos*

<https://www.ctaima.com/blog/fichas-de-seguridad-de-los-productos-quimicos>

[22] MSDS Europe.(2018, 4 julio). *Lista completa de frases R y frases S.*

<https://www.msds-europe.com/es/frases-r-frases-s/>

---

[23] Unidad de Prevención de Riesgos Laborales. Frases de peligro, consejos de prudencia y pictogramas.

<https://uprl.unizar.es/higiene-industrial/frases-de-peligro-consejos-de-prudencia-y-pictogramas>

[24] Armas químicas (2018)

<https://disarmament.unoda.org/es/adm/armas-quimicas/>

[25] Universitat Autònoma de Barcelona. (2023). FOC.

[https://e-aulas.uab.cat/2023-24/pluginfile.php/174431/mod\\_resource/content/4/FOC.pdf](https://e-aulas.uab.cat/2023-24/pluginfile.php/174431/mod_resource/content/4/FOC.pdf)

[26] Universitat Autònoma de Barcelona. (2023). ATEX.

[https://e-aulas.uab.cat/2023-24/pluginfile.php/174432/mod\\_resource/content/1/ATEX.pdf](https://e-aulas.uab.cat/2023-24/pluginfile.php/174432/mod_resource/content/1/ATEX.pdf)

[27] Universitat Autònoma de Barcelona. (2023). EXPLOSIONS.

[https://e-aulas.uab.cat/2023-24/pluginfile.php/174433/mod\\_resource/content/1/EXPL OSIONS.pdf](https://e-aulas.uab.cat/2023-24/pluginfile.php/174433/mod_resource/content/1/EXPL OSIONS.pdf)

[28] Universitat Autònoma de Barcelona. (2023). RISCOS.

[https://e-aulas.uab.cat/2023-24/pluginfile.php/174435/mod\\_resource/content/1/RISC OS.pdf](https://e-aulas.uab.cat/2023-24/pluginfile.php/174435/mod_resource/content/1/RISC OS.pdf)

[29] Protección Civil. (n.d.). Métodos cualitativos.

[https://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos\\_cualitativos/cuali\\_215.htm](https://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos_cualitativos/cuali_215.htm)

[30] ISO4Docs. (n.d.). HAZOP como metodología de análisis de riesgos.

<https://iso4docs.com/hazop-como-metodologia-de-analisis-de-riesgos/>

[31] Organización Internacional del Trabajo. (n.d.). Fichas Internacionales de Seguridad Química (ICSC) - Cloro.

[https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p\\_lang=es&p\\_card\\_id=0007&p\\_version=2](https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=es&p_card_id=0007&p_version=2)

---

[32] Messer. (2022). Fichas de datos de seguridad: Monóxido de carbono.

<https://www.messer-co.com/wp-content/uploads/2022/02/FICHAS-DE-DATOS-DE-SEGURIDAD-MONOXIDO-DE-CARBONO.pdf>