



Universitat Autònoma
de Barcelona

TRABAJO DE FINAL DE GRADO
GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO



Autores: Sergio Pérez Delfa

Oriol Ruiz Puig

Víctor González Monge

Nelia García Blasco

Xavier Fernández Olivera

Pol Candela Poch

Tutor: Albert Bartrolí

Cerdanyola del Vallès | Junio 2020



Universitat Autònoma
de Barcelona

TRABAJO DE FINAL DE GRADO
GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO



CAPÍTULO 5. SEGURIDAD E HIGIENE

Capítulo 5. Seguridad e higiene

Índice

5.1. Introducción	7
5.2. Riesgos laborales	8
5.2.1. Riesgos más comunes	9
5.3. Sustancias químicas del proceso	16
5.3.1. Clasificación de las sustancias peligrosas	16
5.3.2. Clasificación de las sustancias químicas utilizadas	21
5.3.3. Envasado y etiquetado de las sustancias químicas	22
5.3.4. Fichas de seguridad	24
5.4. Almacenamiento de las sustancias químicas	42
5.4.1. Normativa de almacenaje	42
5.4.2. Medidas de seguridad en los tanques de almacenaje	42
5.4.3. Cubetos de retención	43
5.5. Aplicación de la seguridad en la planta para atmósferas explosivas	44
5.5.1. Normativa ATEX	44
5.5.2. Clasificación de las zonas ATEX	44
5.5.3. Acciones de extinción de una atmosfera explosiva	53
5.5.4. Detectores de atmosferas explosivas	53
5.6. Plan de emergencia de la planta	56
5.6.1. Plan de emergencia externo (PEE)	56
5.7. Análisis de riesgos HAZOP	63
5.7.1. HAZOP de los equipos	67
5.8. Señalización	127
5.8.1. Colores de seguridad	128
5.8.2. Señales en forma de panel	129
5.8.3. Señales luminosas y acústicas	132
5.9. Carga, descarga y transporte	133
5.9.1. Carga y descarga	133
5.9.2. Transporte	134
5.10. Equipos de protección individual (EPIs)	136

5.10.1 Normativa de las EPIs	136
5.10.2. EPIs en la planta	136
5.10.3. EPIs específicos para tratar con óxido de etileno.....	137
5.11. Protección contra incendios y sus elementos actuadores	139
5.11.1 Antecedentes	139
5.11.2. Objeto.....	139
5.11.3 Normativa de referencia	140
5.11.4. Datos generales	141
5.11.5. Descripción de las modificaciones	141
5.11.6. Cálculo cargas de fuego.....	146
5.11.8. Abastecimiento de agua	166
5.11.9. Evacuación de los establecimientos industriales.....	167
5.12. Higiene	170
5.12.1. Limpieza y riesgos.....	170
5.12.2. Sanidad y riesgos.....	171
5.13. Bibliografía	172

5.1. Introducción

Para el correcto funcionamiento y desarrollo de la planta es imprescindible establecer una serie de medidas y protocolos de seguridad e higiene. Estas medidas y protocolos están destinados para que los trabajadores estén expuestos al mínimo riesgo posible en el ámbito laboral.

El organismo que regula esta tipología de medidas es la Organización Internacional del Trabajo (OIT). Se trata de un organismo internacional que establece unas condiciones de trabajo generales. El organismo equivalente en el ámbito estatal sería el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). [1]

En el caso de la industria química, es una de las industrias con menos accidentes, pero también es cierto que su riesgo es elevado. Es por eso que cuando se produce un accidente, su alcance es muy grande y causa grandes daños. Es por eso que las medidas de seguridad son muy importantes y relevantes para el diseño y desarrollo del ciclo productivo. Se realiza un análisis, planificación e implementación de un sistema de seguridad el cual haga viable las actividades de la planta y, en caso de accidente, que este sea del menor impacto posible.

Una de las maneras más efectivas de disminuir el número de accidentes es la adecuada transmisión de información sobre los diferentes peligros que puedan aparecer en la planta y su actuación sobre ellos. Si los trabajadores tienen esa información, se podrá actuar de manera más rápida y efectiva ante un problema. También es importante que la plantilla tenga los conocimientos necesarios y lleve el equipamiento adecuado para la acción a realizar.

Por la parte de la higiene en la instalación, el objetivo es minimizar el foco de poder contraer cualquier tipo de patología. Esta patología puede ser provocada por las diferentes sustancias usadas en la planta o por algún residuo derivado de la producción o del funcionamiento de algún equipo.

5.2. Riesgos laborales

Los riesgos laborales se definen como las posibilidades de que un empleado de la empresa contraiga una enfermedad o sufra un accidente relacionado con su trabajo. Estos riesgos tienen diferentes fuentes y su clasificación a nivel general los divide en los que se producen en la empresa y los que se producen fuera de ella.

Hay 3 factores por los cuales una empresa debería tener en cuenta ese riesgo. Si el riesgo que se está estudiando cumple con alguno de los 3 requisitos, ya debería ser estudiado y revisado. Los factores son:

- Que tenga un nivel de amenaza alto para la empresa
- Que genere efectos negativos a la actividad de la empresa
- Que produzca obstaculización o retraso en las funciones de la planta.

Los riesgos laborales en una instalación se pueden dividir en los siguientes apartados:

- **Mecánicos:** son aquellos que se producen por la actividad de la maquinaria usada, así como diferentes equipos, objetos o utensilios que pueden generar potencialmente un accidente
- **Locativos:** son aquellos que se producen debido al diseño, construcción y operación de la instalación. Hace referencia principalmente a la localización del puesto de trabajo en la cual los trabajadores desarrollan sus tareas encomendadas. Los equipos y componentes utilizados también se incluyen.
- **Químicos:** son aquellos riesgos que se producen por la presencia de sustancias químicas en el ambiente. Algunas sustancias químicas, al interaccionar con los organismos ocasionan problemas como lesiones, heridas, quemaduras o intoxicaciones entre otros. Intervienen diferentes factores como el estado de la sustancia química, el tiempo de exposición a ella y la concentración de la sustancia.
- **Físicos:** son aquellos riesgos que se producen debido a las propiedades físicas de los equipos o sustancias a las cuales se está expuesto que puedan amenazar la integridad física de los trabajadores presentes.

- **Biológicos:** son aquellos riesgos que se producen como consecuencia de la presencia de diferentes microorganismos presentes en algún tipo de ámbito laboral (bacterias, hongos, virus, ...). La actividad y interacción de estos microorganismos con los organismos humanos pueden causar una afectación al bienestar del trabajador.
- **Psicosociales:** son aquellos riesgos que se producen por la relación que se establece entre los trabajadores de un mismo ambiente laboral. Es muy importante que el lugar de trabajo sea agradable, de esta manera el trabajador podrá realizar sus funciones de manera mucho más eficiente y cómoda. Las posibles problemáticas que se pueden derivar son depresión, estrés y otras patologías psicológicas.
- **Informativas:** son aquellos riesgos que se producen por cuestiones de la gestión de la información interna o externa de la empresa. Esta tipología de riesgo puede surgir debido a filtraciones, errores informáticos, ...
- **Meteorológicos:** son aquellos riesgos que se producen a raíz de fenómenos de la naturaleza.

El riesgo se puede cuantificar con un valor numérico que se calcula con la frecuencia prevista que ocurra ese hecho y el alcance de las consecuencias de ese hecho.

El factor de riesgo engloba todos los elementos presentes en el ambiente laboral que pueden tener un papel en el riesgo laboral.

Entre todas las tipologías de riesgo expuestas, se van a analizar los más importantes y comunes en la industria química.

5.2.1. Riesgos más comunes

Explosión

Una explosión se define como una liberación de energía muy elevada que se produce de manera incontrolable. A consecuencia de eso se genera un aumento de presión de manera muy acelerada, acompañado con una liberación de calor, luz y gases. Para que se produzca una explosión debe haber la presencia de tres componentes: combustible, comburente y energía de ignición.

Una atmosfera para que sea potencialmente explosiva se forma como una mezcla de vapores y gases inflamables en condiciones atmosféricas. El parámetro determinante es si las concentraciones de las diferentes sustancias están dentro de los límites de explosividad. Si se encuentra entre el límite inferior y superior, la explosión tiene probabilidades de propagarse. La directiva que determina los requerimientos mínimos para proporcionar seguridad y protección a los trabajadores que estén expuestos a este tipo de atmosferas es la Directiva ATEX.

Existen diferentes tipos de explosiones:

- **Explosión confinada:** Se forman debido al aumento de volumen del gas confinado, generando una sobrepresión que el recipiente no es capaz de aguantar.
- **Explosión no confinada:** Se forman sin un recipiente de volumen fijo.
- **Explosión leve:** Se forman debido al aumento de temperatura de un fluido líquido que se encuentra dentro de un recipiente. Esta temperatura aumenta hasta llegar al punto de ebullición del componente.

Medidas preventivas:

- Implementación de Directiva ATEX.
- Separación de sustancias combustibles y comburentes.
- Controles periódicos de partículas en suspensión.
- Eliminación de una posible fuente de ignición (llamas, electricidad, puntos de calor, etc.).
- Implantación de muros cortafuegos.
- Prohibido fumar u otras prácticas con su señalización correspondiente.
- Utilización de métodos de ventilación y aislamiento.

- **Incendio**

Por incendio se entiende la generación de un fuego incontrolado de gran tamaño. Igual que en las explosiones, debe haber la presencia de tres componentes: combustible, comburentes y punto de ignición. A raíz del incendio, se desprenden gases y calor que pueden ser potencialmente peligrosos.

Medidas preventivas:

- Garantizar que los trabajadores tienen la formación en la materia necesaria.
- Elaborar un plan de incendios y que todos los trabajadores lo conozcan.

- Disponer de recipientes para recoger líquidos en caso de derrame.
- Disponer de sistema de aspiración y ventilación.
- Aplicar aislamiento en las diferentes instalaciones.
- Realizar el mantenimiento periódico de los equipos eléctricos.
- Instalar sistemas de detección y alarmas asociadas.
- No fumar en lugar de trabajo.

Si se produce un incendio, la primera medida es controlar y después extinguirlo. El fuego se debe extinguir utilizando los agentes extintores más adecuados en cada caso. Para poder elegir el agente extintor primeramente se debe conocer la naturaleza del incidente. En último caso, si el fuego no es controlable se desaloja el edificio y se avisa a los servicios de emergencia.

MEDIO FÍSICO DE TRABAJO

- **Iluminación**

La ausencia de iluminación puede ocasionar accidentes por lo que es importante trabajar con una buena iluminación. Esta iluminación puede ser natural preferiblemente, pero se debe complementar con iluminación artificial para cuando no haya natural. Una iluminación incorrecta o deficiente puede producir trastornos como vista cansada o dolor de cabeza.

Medidas preventivas:

- Utilizar luz natural durante las horas que sea posible.
- Complementar las instalaciones con luz artificial.
- Regular la intensidad de la iluminación artificial.
- Evitar reflejos.
- Pintar las paredes con colores que disipen la luz.

- **Electricidad**

Se debe cumplir unas condiciones de seguridad en los equipos de trabajo para evitar el contacto eléctrico entre ellos. Sobre todo, especial atención a las conexiones flexibles que conserven su estado de aislamiento.

Medidas preventivas:

- No tener contacto con instalaciones eléctricas mojadas o con partes del cuerpo que estén mojadas.
- No tener contacto con instalaciones eléctricas en condiciones deficientes.
- Respetar la señalización de cuadros eléctricos.
- Evitar zonas húmedas cerca de equipos con conexión eléctrica.

- Realizar un mantenimiento del cableado, tomas de contacto y equipos eléctricos.
- En caso de avería, desconectar tensión y quitar los enchufes y comunicar daños.
- Mantener cerrado el cuadro eléctrico y dejar libre y accesible el interruptor principal.

- **Ruido y vibración**

La exposición al ruido por parte de los trabajadores puede suponer un descenso en la eficacia y el rendimiento con el que realizan sus tareas. Es necesario para mantener un buen ambiente de trabajo que se disminuya. La exposición al ruido puede provocar una pérdida auditiva ya sea de forma gradual o inmediata. La vibración se incluye en este apartado ya que lleva asociada una frecuencia y una amplitud de onda, hecho que comparte con el sonido. Por lo tanto, sus efectos pueden ser parecidos.

La legislación estatal referente a los riesgos laborales (RD 286/2006) lleva incluido un control específico sobre exposición al ruido. Esta norma obliga al empresario a adoptar ciertas medidas para combatir y reducir la exposición al ruido de sus trabajadores.

Medidas preventivas:

- Sustituir equipos ruidosos por otros que generen un nivel de sonido menor.
- Poner obstáculos para poder atrapar el ruido o aumentar la distancia entre los trabajadores y el origen del ruido.
- Revestimiento de las paredes con un material absorbente.
- Señalizar y delimitar las zonas con más alto nivel de ruido.

CONDICIONES DE SEGURIDAD

- **Atrapamiento**

En este caso, se estudia el riesgo que supone que un trabajador trabaje con maquinaria y sufra un atrapamiento en esta. El atrapamiento puede ser del trabajador o de una parte de su cuerpo entre elementos en movimiento de un equipo o entre un elemento quieto y otro móvil. Este hecho puede derivar lesiones debido a su actividad profesional. Estas lesiones acostumbran a ser traumatismos, fracturas, cortes, etc.

La protección de las partes móviles se puede realizarse de dos maneras. Se puede poner protección en los elementos de transmisión como engranajes o correas. Por otro lado, también se puede colocar protección en los puntos de operación.

Medidas preventivas:

- Protección de los elementos de transmisión.
- Protección de los puntos de operación.
- Indumentaria correcta, evitar bufandas o ropa holgada.
- Pelo largo recogido.
- No llevar elementos como joyas o bisutería en el lugar de trabajo que sobresalgan.

- **Caídas al mismo nivel**

Las caídas al mismo nivel son aquellas que se producen en el lugar de paso, en una superficie de trabajo o las caídas sobre o contra objetos.

Medidas preventivas:

- Suelo con material antideslizante.
- Detectar zonas resbaladizas y eliminarlas o señalizarlas.
- Utilizar un calzado apropiado.
- Limpiar y despejar la zona de paso.
- Señalizar los posibles obstáculos.

- **Caídas a distinto nivel**

Las caídas a distinto nivel son aquellos accidentes en los que la lesión del trabajador es producida debido a un golpe recibido después de caer de una altura superior a otra de menor altura. Existe riesgo de caídas a distinto nivel en escaleras interiores y exteriores, escalas fijas exteriores o suelo húmedo.

Medidas preventivas:

- Cubrimiento de aperturas en el suelo.

- Instalar barandillas en las zonas elevadas donde se realice alguna actividad.
- Colocar escaleras que tengan suelo antideslizante.
- Concienciar a los trabajadores de las zonas peligrosas y asegurarnos de que llevan un calzado adecuado para realizar dicha tarea.
- Utilizar equipos de protección individual.

- **Salpicaduras y proyección de partículas**

El riesgo de salpicadura o proyección de partículas puede originar lesiones producidas por piezas, fragmentos o pequeñas partículas de material. Estas partículas pueden venir proyectadas por una máquina, herramientas o materia prima a transformar.

Medidas preventivas:

- No situarse en la trayectoria de las salpicaduras o proyecciones de los elementos que las originan.
- Utilizar equipos de protección individual acorde con la actividad realizada
- Disponer de duchas de emergencia y lava ojos en sitios cercanos a las zonas peligrosas.
- Realizar mantenimiento de equipos propensos.

- **Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento**

La caída de objetos por desplome o derrumbamiento puede originar lesiones. Estas se presentan cuando hay caída de elementos por pérdida de estabilidad de la estructura a la que pertenece.

Medidas preventivas:

- Revisar los pesos máximos de almacenaje.
- Fijar y revisar que no haya elementos sueltos de carga.
- Revisar la capacidad de carga del equipo de elevación.
- Los elementos que formen las estructuras de sujeción serán de un material sólido y resistente adecuado al uso que se le dará.
- Los almacenes en disposición vertical estarán protegidos y apoyados al suelo con medidas de sujeción.
- Las escaleras y plataformas serán de un material adecuado y habrá que revisar que se han construido correctamente y que se han fijado de manera correcta.

- **Aplastamiento**

El riesgo de aplastamiento puede originar lesiones que se presentan cuando se ejerce una fuerza o presión sobre una parte del cuerpo. La lesión produce una reducción del grosor de una parte del cuerpo hasta provocar la pérdida de su forma original.

Medidas preventivas:

- Alejar extremidades de los sitios donde haya elementos móviles en funcionamiento.
- No anular o modificar elementos de protección.
- Pelo largo recogido.
- Llevar la indumentaria correcta, sin ropa holgada, bufandas u otras prendas que puedan sobresalir del cuerpo.

CONTAMINANTES

- **Contaminantes biológicos**

Se tratan de organismos vivos que, al penetrar en el cuerpo de un ser humano, puede provocar infecciones, alergias u otras enfermedades. Estos organismos pueden ser bacterias u hongos mayoritariamente. Para su prevención, es importante saber que las vías de transmisión para estos microorganismos son: agua, aire o superficies.

Medidas preventivas:

- Instalación de extractores de aire.
- Mantener la humedad relativa a niveles bajos.
- Opción de instalar puntos de desinfección en caso de que el riesgo por contaminación biológica persista o sea elevado.

- **Contaminantes químicos**

Se trata de cualquier sustancia química orgánica o inorgánica que puede ocasionar un problema de salud a las personas o un daño al medio ambiente. Estas sustancias se encuentran presentes de muchas formas. Por ejemplo, en vapores orgánicos, aerosoles, polvo, fibras, humos o en metales que puedan existir en los lugares de trabajo o en la planta.

Medidas preventivas:

- Correcto etiquetado de los recipientes que contengan productos químicos.
- Informar y concienciar a los trabajadores de los posibles riesgos a los que se exponen por la presencia de contaminantes químicos y las medidas que deben tomar.

- Realización de mediciones ambientales de los contaminantes químicos presentes para controlar sus niveles.
- Reconocimientos médicos para los trabajadores que se expongan a algún contaminante.
- Reducir la exposición a contaminantes químicos por parte de los trabajadores realizando turnos o aplicando medidas de protección.

5.3. Sustancias químicas del proceso

Las sustancias químicas utilizadas en el proceso productivo de esta planta química son los ya expuestos en el “*Capítulo 1. Especificaciones del proyecto*”. A continuación, se enumeran estas sustancias químicas:

- Reactivos: Etileno (C_2H_4), Oxígeno (O_2)
- Catalizador: Plata en un soporte de alúmina (Al_2O_3)
- Subproductos: Dióxido de carbono (CO_2), Agua (H_2O)
- Productos: Óxido de etileno (C_2H_4O)
- Otros: Monoetanolamina (C_2H_7NO), Nitrógeno (N_2).

5.3.1. Clasificación de las sustancias peligrosas

Una sustancia peligrosa se entiende como aquella que puede ocasionar daños tanto a las personas como a los bienes o al medio ambiente. Una vez se conoce las especies químicas que intervienen en el proceso se debe saber el tipo de peligro que genera y señalarlo debidamente. Es importante también que se forme al personal sobre los peligros que supone su manipulación y las medidas de protección que se deben tomar.

Las sustancias químicas se dividen en tres grandes grupos que después se desglosan en diferentes categorías. Según el decreto 225/2003 [2], cada una de estas clasificaciones lleva asociado un envasado y etiquetado determinado. Los tres grupos son los siguientes:

- Sustancias peligrosas por sus propiedades fisicoquímicas.
- Sustancias peligrosas por sus propiedades toxicológicas.
- Sustancias peligrosas por sus propiedades ecotoxicológicas.

- **Sustancias peligrosas por sus propiedades fisicoquímicas**

- Explosivas:



Sustancias o preparados que pueden explotar por efecto de una llama, foco de calor o que sean sensibles a golpes o esfuerzos de tracción.

- Inflamables:



Sustancias que sus vapores queman con facilidad al mezclarse con el aire. En función de su punto de inflamación (temperatura mínima a la que se desprenden suficientes vapores para que se produzca la inflamación) se diferencian sustancias extremadamente inflamables, fácilmente inflamables e inflamables.

- Comburentes:



Sustancias y preparados oxidantes que, en contacto con otros, particularmente inflamables, originan una reacción fuertemente exotérmica. Según el estado físico en el que se encuentre el compuesto se clasifican en 3 categorías. En estado gas se encuentran en la categoría 1 y los líquidos o sólidos dependiendo de la peligrosidad de estos pueden permanecer a cualquiera de las tres categorías. Estas categorías son:

- Categoría 1 y 2: Sustancias que pueden provocar un incendio o una explosión (Muy comburente).
- Categoría 3: Sustancia que pueden provocar o empeorar un incendio (Comburente).

- Gas presurizado:



Aquellos gases que están completamente gaseosos o parcialmente gaseosos a presiones altas en el interior de recipientes. Son los gases los cuales su almacenamiento conllevan un riesgo muy importante ya que están sometidos a presiones mayores a 1 atm y su transporte o almacenamiento deben ser correctos y eficaces. Este tipo de peligro no tiene ninguna categoría en el que se distingas los diferentes compuestos, aunque sí que podrían dividirse, aunque no de manera estricta o que provenga de una normativa.

- **Sustancias peligrosas por sus propiedades toxicológicas**

- Tóxicas:



Aquellas sustancias que derivan de procesos de degradación de materiales o líquidos perjudiciales, resultando de alta peligrosidad a la inhalación, ingestión o penetración cutánea. Para saber el nivel de toxicidad que puede tener un compuesto, estos se separan en 5 categorías y 3 grupos que forman este peligro, para hacer dicha clasificación se debe conocer la DL-50 (dosis letales) según la vía de exposición sobre animales y, por lo tanto, saber cuál es el nivel de toxicidad y a partir de que dosis es mortal (50% de la población). Estas categorías son:

- T+: Muy tóxicos (Categoría 1 y 2: Mortal).
- T: Tóxicos (Categoría 3: Tóxico).
- X: Nocivos (Categoría 4: Nocivo).
- Sin símbolo: (Categoría 5: Puede ser nocivo)

- Corrosivas:



Sustancias y preparados que, en contacto con el tejido vivo, puedan ejercer una acción destructiva del mismo.

- Sensibilizantes:



Sustancias y preparados que, por inhalación o penetración cutánea, pueda ocasionar una reacción del sistema inmunitario (hipersensibilización), de forma que una exposición posterior a esta sustancia o preparado dará lugar a una serie de efectos negativos características.

- Cancerígenas:



Aquellas sustancias que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden provocar cáncer o aumentar su frecuencia.

- Mutagénicas:



Sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir defectos hereditarios o aumentar su frecuencia.

- Tóxicas para la reproducción:



Sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir efectos negativos no hereditarios en la descendencia o aumentar su frecuencia.

- **Sustancias peligrosas por sus propiedades ecotoxicológicas**

- Tóxicas para el medio ambiente:

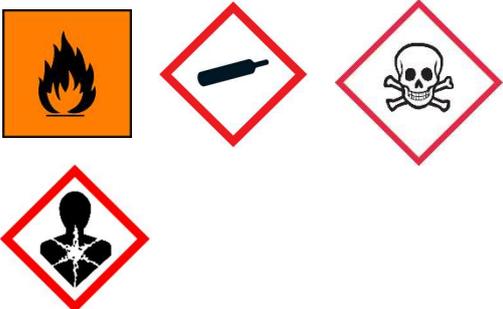
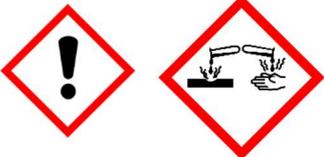


Sustancias y preparados que, en caso de contacto con el medio ambiente supongan o puedan suponer un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes de este.

5.3.2. Clasificación de las sustancias químicas utilizadas

En este siguiente apartado se expondrán las diferentes características referidas a la peligrosidad de los compuestos utilizados en la planta. Se incluyen todos los compuestos mencionados anteriormente. Se mostrarán su clasificación y el pictograma asociado en la **Tabla 1**. Posteriormente también se adjuntará la ficha de seguridad de cada compuesto.

Tabla 1. Clasificación de las sustancias químicas utilizadas en la planta según su peligrosidad.

Sustancia	Clasificación	Pictograma
Etileno (C ₂ H ₄)	Inflamable Gas a presión Sensibilizante	
Oxígeno (O ₂)	Comburente Gas a presión	
Plata con soporte de alúmina (Al ₂ O ₃)	Sensibilizante	
Dióxido de carbono (CO ₂)	Gas a presión	
Agua (H ₂ O)	Ningún	-----
Óxido de etileno (C ₂ H ₄ O)	Inflamable Gas a presión Tóxico Cancerígeno Mutagénica	
Nitrógeno (N ₂)	Gas a presión	
MEAmina (C ₂ H ₇ NO)		

5.3.3. Envasado y etiquetado de las sustancias químicas

Los recipientes que contienen sustancias químicas con algún tipo de peligrosidad deben seguir las normas plasmadas en el RD 363/1995 [3]. Su finalidad es evitar y reducir posibles accidentes o exposiciones a peligros. Por otro lado, el etiquetado sirve para poder tener un control y un reconocimiento del tipo de sustancia que se contiene.

Para poder indicar el peligro de cada sustancia se utilizan unos pictogramas de peligrosidad. Los pictogramas están modificados por el Reglamento CLP [4] (clasificación, etiquetado y envasado) 1272/2008 [5]. El CLP se ha realizado conforme a los criterios del SGA [6] (Sistema Globalmente Armonizado). La función de estos reglamentos es determinar si una sustancia puede ser catalogada como peligrosa. Después de identificar las propiedades de una sustancia y haberla clasificado, se deberán plasmar los peligros detectados a través de la información contenida en la etiqueta. Los pictogramas utilizados para etiquetar los envases bajo el reglamento CLP son los mostrados en la **Figura 1**:



Figura 1. Pictogramas de peligrosidad según CLP.

En cada uno de los etiquetajes de sustancias químicas tiene que aparecer una información mínima. A continuación, enumeramos los parámetros que debe contener:

- Nombre, dirección y número de teléfono del fabricante o importador, es decir, del responsable de su comercialización en la Unión Europea.

- Nombre de la sustancia: La identificación de la sustancia debe ser la misma que se aporta en la Ficha de Seguridad. Si el producto es un preparado, en la etiqueta debe figurar la descripción de todos los componentes que puedan producir efectos adversos sobre la salud. En los productos destinados únicamente para el lugar de trabajo, la información principal de la sustancia como la identificación, pueden figurar en la Ficha de Seguridad y obviarse en la etiqueta.
- Pictogramas, símbolos e indicaciones de peligro normalizadas, que destacan los peligros principales de la sustancia.
- Palabras de advertencia: Palabras que indican la mayor o menor gravedad del peligro, de forma que se identifique clara y fácilmente. Actualmente, en el sistema GHS se usa la palabra “Peligro” para las categorías con riesgos graves y “Atención” para las menos graves.
- Indicación de peligro: Frases que sirven para identificar y complementar determinados riesgos mediante la descripción del tipo de peligro y son asignadas a una clase y categoría determinada (Frasas R).
- Consejos de prudencia: Recomendaciones sobre las medidas que se pueden tomar cuando ha habido una exposición a la sustancia peligrosa en cuestión (Frasas S).

El tamaño mínimo de la etiqueta vendrá condicionado por el volumen del envase. A continuación, se adjuntan en la **Tabla 2** las medidas de las etiquetas en función del volumen del envase.

Tabla 2. Dimensiones de la etiqueta en función de la capacidad del envase.

Capacidad (L)	Dimensiones mínimas (mm)
< 3	52 x 74
3 - 50	74 x 105
50 - 500	105 x 148
> 500	148 x 210

Por otro lado, las sustancias peligrosas únicamente se podrán comercializar siempre y cuando se hayan envasado correctamente. Los compuestos envasados que se adquieran o se distribuyan des de la planta cumplirán una serie de requisitos:

- Estarán diseñados y fabricados de forma que la pérdida de su contenido no sea posible. Las sustancias que no vienen reguladas por este reglamento necesitarán dispositivos especiales de seguridad a parte del reglamento CLP.
- Se construirán y fabricarán los envases con materiales que no puedan dañar o interactuar con la sustancia que se está almacenando. El material del envase debe ser compatible ya que, si no, se podría contaminar la sustancia química o provocar un accidente.
- Los envases y los cierres de estos deberán ser fuertes y sólidos para poder eliminar la posibilidad de vertido o fuga al máximo.
- Los recipientes que su contenido se utilice varias veces en el proceso deberán tener un cierre reutilizable.
- Los recipientes que contengan una sustancia con una peligrosidad grave (tóxicos, corrosivos, inflamables, ...) deberán tener un tipo de cierre de seguridad. De esta manera se impide que se contamine. También deberán tener los pictogramas correspondientes para dicha sustancia.

5.3.4. Fichas de seguridad

El responsable de la comercialización de una sustancia química debe disponer de una ficha de seguridad de dicha sustancia. Esta ficha técnica debe ser enviada al comprador y una copia enviada también al Ministerio de Sanidad y Consumo. Este protocolo se utiliza para que los usuarios puedan adoptar las medidas de protección y seguridad acordes a la sustancia que están adquiriendo.

Esta ficha de seguridad podrá ser enviada en papel o de forma electrónica de manera gratuita y con un margen de días previo a la entrega de la sustancia en cuestión.

La ficha de seguridad deberá ser redactada como mínimo en la lengua oficial del Estado en el cual está situada la planta. Deberá contener las siguientes informaciones:

1. Identificación de la sustancia y del responsable de su comercialización.
2. Composición/información sobre los componentes.
3. Identificación de los peligros.

4. Primeros auxilios.
5. Medidas de lucha contra incendios.
6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental.
7. Manipulación y almacenamiento.
8. Controles de exposición/protección individual.
9. Propiedades fisicoquímicas.
10. Estabilidad y reactividad.
11. Informaciones toxicológicas.
12. Informaciones ecológicas.
13. Consideraciones relativas a la eliminación.
14. Informaciones relativas al transporte.
15. Informaciones reglamentarias.
16. Otras informaciones.

A continuación, se adjuntan fichas de seguridad (FISQ) extraídas del INSST [1] para los compuestos químicos que intervienen en el proceso productivo de la planta: (Ver **Figura 2**; **Figura 3**; **Figura 4**; **Figura 5**; **Figura 6**; **Figura 7**)

- Etileno (C₂H₄)

ETILENO, PURO	ICSC: 0475
Eteno	Marzo 1996
CAS: 74-85-1	
Nº ONU: 1962	
CE: 200-815-3	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Extremadamente inflamable. Las mezclas gas/aire son explosivas.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (p. ej., mediante conexión a tierra). Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.	Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, dejar que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos apagar con agua pulverizada. En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Somnolencia. Pérdida del conocimiento.	Usar ventilación.	Aire limpio, reposo. Puede ser necesaria respiración artificial. Proporcionar asistencia médica.
Piel			
Ojos			
Ingestión			

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
¡Evacuar la zona de peligro! Ventilar. Eliminar toda fuente de ignición. Cortar el gas si es posible. Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU
ALMACENAMIENTO	Transporte
A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes.	Clasificación ONU
ENVASADO	Clase de Peligro ONU: 2.1

 Organización Internacional del Trabajo	 Organización Mundial de la Salud	La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia	 
---	---	--	--

	financiera de la Comisión Europea. © OIT y OMS 2018	
--	--	--

ETILENO, PURO	ICSC: 0475
----------------------	-------------------

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

<p>Estado físico; aspecto GAS INCOLORO COMPRIMIDO DE OLOR CARACTERÍSTICO.</p> <p>Peligros físicos El gas es más ligero que el aire. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.</p> <p>Peligros químicos La sustancia puede polimerizar para formar compuestos aromáticos bajo la influencia de temperaturas por encima de 600°C. Reacciona con oxidantes fuertes. Esto genera peligro de incendio y explosión.</p>	<p>Fórmula: C₂H₄ / CH₂=CH₂ Masa molecular: 28.0 Punto de ebullición: -104°C Punto de fusión: -169.2°C Solubilidad en agua: ninguna Presión de vapor, kPa a 15°C: 8100 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.98 Punto de inflamación: gas inflamable Temperatura de autoignición: 490°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 2.7-36.0</p>
---	--

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD

<p>Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación.</p> <p>Efectos de exposición de corta duración La exposición podría causar disminución del estado de alerta.</p>	<p>Riesgo de inhalación Al producirse pérdidas en zonas confinadas, esta sustancia puede originar asfixia por disminución del contenido de oxígeno en el aire.</p> <p>Efectos de exposición prolongada o repetida</p>
---	---

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

<p>TLV: 200 ppm como TWA; A4 (no clasificado como cancerígeno humano). MAK: cancerígeno: categoría 3B</p>

MEDIO AMBIENTE

<p>NOTAS</p> <p>Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona.</p>

INFORMACIÓN ADICIONAL

<p>- Límites de exposición profesional (INSHT 2012): VLA-ED: 200 ppm</p> <p>- N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 601-010-00-3</p> <p>- Clasificación UE Pictograma: F+; R: 12-67; S: (2)-9-16-33-46</p>
--



Figura 2. Ficha de Seguridad de Etileno.

- Oxígeno (O₂)

OXÍGENO	ICSC: 0138
	Octubre 1999
CAS: 7782-44-7	
Nº ONU: 1072	
CE: 231-956-9	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	No combustible pero facilita la combustión de otras sustancias. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con sustancias inflamables.	En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado. En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Tos. Vértigo. Dolor de garganta. Alteraciones de la vista. Ver Notas.		Proporcionar asistencia médica.
Piel			
Ojos		Utilizar gafas de protección de montura integral.	
Ingestión			

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Ventilar.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 2.2; Peligro Secundario ONU: 5.1
ALMACENAMIENTO	
A prueba de incendio. Separado de sustancias combustibles y reductores. Fresco.	
ENVASADO	

 Organización Internacional del Trabajo	 Organización Mundial de la Salud	La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea. © OIT y OMS 2018	 European Commission
---	---	---	---

OXÍGENO	ICSC: 0138
INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	

<p>Estado físico; aspecto GAS INODORO COMPRIMIDO.</p> <p>Peligros físicos El gas es más denso que el aire.</p> <p>Peligros químicos La sustancia es un oxidante fuerte. Reacciona con materiales reductores y combustibles. Esto genera peligro de incendio y explosión.</p>	<p>Fórmula: O₂ Masa molecular: 32.0 Punto de ebullición: -183°C Punto de fusión: -218.4°C Solubilidad en agua, ml/100ml a 20°C: 3.1 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.1 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0.65</p>
---	--

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD

<p>Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación.</p> <p>Efectos de exposición de corta duración La sustancia a concentraciones altas irrita el tracto respiratorio. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central, a los pulmones y a los ojos.</p>	<p>Riesgo de inhalación</p> <p>Efectos de exposición prolongada o repetida La inhalación prolongada o repetida de concentraciones altas puede afectar a los pulmones.</p>
--	---

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

--

MEDIO AMBIENTE

--

NOTAS

Los síntomas por inhalación son característicos de la exposición a concentraciones extremadamente altas únicamente.
Ver también FISQ 0880 Oxígeno (líquido refrigerado).

INFORMACIÓN ADICIONAL

- N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 008-001-00-8
- **Clasificación UE**
Pictograma: O; R: 8; S: (2)-17

 <p>GOBIERNO DE ESPAÑA</p>	<p>MINISTERIO DE TRABAJO, MIGRACIONES Y SEGURIDAD SOCIAL</p>	 <p>Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo</p>	<p>La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018</p>
---	--	---	---

Figura 3. Ficha de Seguridad oxígeno.

- Plata con soporte de alúmina (Al_2O_3)

ÓXIDO DE ALUMINIO	ICSC: 0351
Óxido de alfa-aluminio Alúmina Trióxido de aluminio	Febrero 2000
CAS: 1344-28-1	
CE: 215-691-6	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	No combustible.		En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado.

¡EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Tos.	Usar extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
Piel		Guantes de protección.	Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
Ojos	Enrojecimiento.	Utilizar gafas de protección de montura integral o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Protección personal: respirador con filtro para partículas adaptado a la concentración de la sustancia en aire. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente tapado. Si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión. Eliminar el residuo con agua abundante.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU
ALMACENAMIENTO	Transporte
ENVASADO	Clasificación ONU

 Organización Internacional del Trabajo	 Organización Mundial de la Salud	La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea. © OIT y OMS 2018	
---	--	---	--

ÓXIDO DE ALUMINIO **ICSC: 0351**

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

<p>Estado físico; aspecto POLVO BLANCO.</p> <p>Peligros físicos Sin datos.</p> <p>Peligros químicos Sin datos.</p>	<p>Fórmula: Al₂O₃ Masa molecular: 101.9 Punto de ebullición: 3000°C Punto de fusión: 2054°C Densidad: 3.97 g/cm³ Solubilidad en agua: ninguna</p>
---	---

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD

<p>Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol.</p> <p>Efectos de exposición de corta duración La inhalación de concentraciones altas de polvo puede causar irritación de los ojos y el tracto respiratorio.</p>	<p>Riesgo de inhalación La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire.</p> <p>Efectos de exposición prolongada o repetida La sustancia puede afectar al sistema nervioso central.</p>
---	---

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

TLV: 1 mg/m³, como TWA; A4 (no clasificado como cancerígeno humano).
 MAK: cancerígeno: categoría 2

MEDIO AMBIENTE

NOTAS

Existe una diferente forma cristalina y dura de óxido de aluminio que aparece abundantemente en la naturaleza conocida como corindón (CAS 1302-74-5).
 Otros puntos de fusión: 2015°C (corindón).
 Se encuentra también como los minerales: bauxita, bayerita, boehmita, diásporo, gibbsita.

INFORMACIÓN ADICIONAL

- Límites de exposición profesional (INSHT 2012):
 VLA-ED: 10 mg/m³
 - **Clasificación UE**

 <p>GOBIERNO DE ESPAÑA</p>	<p>MINISTERIO DE TRABAJO, MIGRACIONES Y SEGURIDAD SOCIAL</p>	 <p>insst Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo</p>	<p>La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018</p>
---	--	--	---

Figura 4. Ficha de Seguridad del óxido de aluminio.

- Dióxido de carbono (CO₂)

DIÓXIDO DE CARBONO	ICSC: 0021
Gas carbónico Anhídrido carbónico	Octubre 2006
CAS: 124-38-9	
Nº ONU: 1013	
CE: 204-696-9	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	No combustible.		En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado. En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Vértigo. Dolor de cabeza. Presión sanguínea elevada. Ritmo cardíaco acelerado. Asfixia. Pérdida del conocimiento.	Usar ventilación.	Aire limpio, reposo. Puede ser necesaria respiración artificial. Proporcionar asistencia médica.
Piel	EN CONTACTO CON GAS O HIELO SECO: CONGELACIÓN.	Guantes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
Ojos		Utilizar gafas de protección.	
Ingestión			

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Protección personal: equipo autónomo de respiración. Ventilar. No utilizar agua.	<p>Conforme a los criterios del GHS de la ONU</p>  <p>ATENCIÓN</p> <p>Contiene gas refrigerado; puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas Puede ser nocivo si se inhala</p>
ALMACENAMIENTO	
A prueba de incendio, si está en local cerrado. Fresco. Ventilación a ras del suelo.	
ENVASADO	

		Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 2.2	
 Organización Internacional del Trabajo	 Organización Mundial de la Salud	La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea. © OIT y OMS 2018	

DIÓXIDO DE CARBONO	ICSC: 0021
---------------------------	-------------------

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA	
<p>Estado físico; aspecto GAS INODORO INCOLORO COMPRIMIDO LICUADO.</p> <p>Peligros físicos El gas es más denso que el aire y puede acumularse en las zonas más bajas produciendo una deficiencia de oxígeno. Las pérdidas de líquido condensan formando hielo seco extremadamente frío.</p> <p>Peligros químicos Se descompone por encima de 2000°C. Esto produce monóxido de carbono tóxico.</p>	<p>Fórmula: CO₂ Masa molecular: 44.0 Punto de sublimación: -79°C Solubilidad en agua, ml/100ml a 20°C: 88 Presión de vapor, kPa a 20°C: 5720 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.5 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0.83</p>

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
<p>Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación.</p> <p>Efectos de exposición de corta duración La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La inhalación de concentraciones altas puede causar pérdida del conocimiento. Asfixia.</p>	<p>Riesgo de inhalación Al producirse pérdidas en zonas confinadas, esta sustancia puede originar riesgo grave de asfixia.</p> <p>Efectos de exposición prolongada o repetida La sustancia puede afectar al metabolismo.</p>

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL
<p>TLV: 5000 ppm como TWA; 30000 ppm como STEL. MAK: 9100 mg/m³, 5000 ppm; categoría de limitación de pico: II(2). EU-OEL: 9000 mg/m³, 5000 ppm como TWA</p>

MEDIO AMBIENTE

NOTAS
<p>El dióxido de carbono se libera en muchos procesos de fermentación (vino, cerveza, etc.) y es un componente mayoritario en los gases de combustión. Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona. A concentraciones tóxicas no hay alerta por el olor.</p>

Otros números ONU: ONU 1845 dióxido de carbono, sólido (Hielo seco); ONU 2187 dióxido de carbono líquido refrigerado.

INFORMACIÓN ADICIONAL

- Límites de exposición profesional (INSHT 2011):
VLA-ED: 5000 ppm; 9150 mg/m³
- **Clasificación UE**

 <p>GOBIERNO DE ESPAÑA</p>	<p>MINISTERIO DE TRABAJO, MIGRACIONES Y SEGURIDAD SOCIAL</p>	 <p>insst Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo</p>	<p>La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018</p>
---	--	--	---

Figura 5. Ficha de Seguridad de dióxido de carbono.

- *Agua (H₂O)*¹*
- *Óxido de etileno (C₂H₄O)* [7]*

- Nitrógeno (N₂)

NITRÓGENO (gas comprimido)	ICSC: 1198
	Marzo 1999
CAS: 7727-37-9	
Nº ONU: 1066	
CE: 231-783-9	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	No combustible. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.		En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado. En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua.

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Pérdida del conocimiento. Debilidad. Asfixia. Ver Notas.	Usar ventilación.	Aire limpio, reposo. Puede ser necesaria respiración artificial. Proporcionar asistencia médica.
Piel			
Ojos			
Ingestión			

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Ventilar. Protección personal: equipo autónomo de respiración.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 2.2
ALMACENAMIENTO	
A prueba de incendio, si está en local cerrado. Fresco. Mantener en lugar bien ventilado.	
ENVASADO	

 Organización Internacional del Trabajo	 Organización Mundial de la Salud	La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea. © OIT y OMS 2018	
---	---	---	--

NITRÓGENO (gas comprimido)	ICSC: 1198
-----------------------------------	-------------------

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

<p>Estado físico; aspecto GAS INODORO INCOLORO COMPRIMIDO.</p> <p>Peligros físicos</p> <p>Peligros químicos</p>	<p>Fórmula: N₂ Masa molecular: 28.01 Punto de ebullición: -196°C Punto de fusión: -210°C Solubilidad en agua: escasa Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.97</p>
--	---

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD	
<p>Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación.</p> <p>Efectos de exposición de corta duración</p>	<p>Riesgo de inhalación Al producirse pérdidas en zonas confinadas, esta sustancia puede originar asfixia por disminución del contenido de oxígeno en el aire. Ver Notas.</p> <p>Efectos de exposición prolongada o repetida</p>

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

MEDIO AMBIENTE

NOTAS
<p>Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona.</p>

INFORMACIÓN ADICIONAL
<p>- Límites de exposición profesional (INSHT 2012): Notas: asfixiante simple. - Clasificación UE</p>

 <p>GOBIERNO DE ESPAÑA</p>	<p>MINISTERIO DE TRABAJO, MIGRACIONES Y SEGURIDAD SOCIAL</p>	 <p>Insst Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo</p>	<p>La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018</p>
---	--	--	---

Figura 6. Ficha de Seguridad de nitrógeno.

- MEAmina (C₂H₇NO)

ETANOLAMINA	ICSC: 0152
2-Hidroxietilamina 2-Aminoetanol	Noviembre 2019
CAS: 141-43-5	
Nº ONU: 2491	
CE: 205-483-3	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes. Por encima de 85°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Evitar las llamas. Por encima de 85°C, sistema cerrado y ventilación.	Usar agua pulverizada, polvo, espuma resistente al alcohol, dióxido de carbono.

¡HIGIENE ESTRICTA! ¡EVITAR LA FORMACIÓN DE NIEBLAS DEL PRODUCTO!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Tos. Dolor de garganta. Dolor de cabeza. Jadeo. Somnolencia.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Piel	¡PUEDE ABSORBERSE! Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras cutáneas.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras graves.	Utilizar pantalla facial o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ingestión	Sensación de quemazón. Dolor abdominal. Jadeo. Shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Protección personal: respirador con filtro para amoníaco y sus derivados orgánicos adaptado a la concentración de la sustancia en el aire. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables de plástico. Absorber el líquido residual	Conforme a los criterios del GHS de la ONU

<p>en absorbente inerte. Eliminarlo a continuación con agua abundante. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente.</p>	<div style="text-align: center;">  <p>PELIGRO</p> </div> <p>Nocivo en caso de ingestión, en contacto con la piel o si se inhala Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares Puede irritar las vías respiratorias Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos</p> <p>Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 8; Grupo de Embalaje/Envase ONU: III</p>
ALMACENAMIENTO	
<p>Separado de oxidantes fuertes, ácidos fuertes, aluminio y alimentos y piensos. Seco. Ventilación a ras del suelo. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.</p>	
ENVASADO	
<p>No transportar con alimentos y piensos.</p>	



La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.
© OIT y OMS 2018



ETANOLAMINA

ICSC: 0152

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

<p>Estado físico; aspecto LÍQUIDO HIGROSCÓPICO INCOLORO VISCOSO DE OLOR CARACTERÍSTICO.</p> <p>Peligros físicos</p> <p>Peligros químicos Se descompone al calentarla intensamente y al arder. Esto produce gases tóxicos y corrosivos incluyendo óxidos de nitrógeno. Reacciona violentamente con ácidos fuertes y oxidantes fuertes. Esto genera peligro de incendio y explosión. La sustancia es moderadamente básica. Ataca el cobre, el aluminio, sus aleaciones y el caucho.</p>	<p>Fórmula: $C_2H_7NO / H_2NCH_2CH_2OH$ Masa molecular: 61.1 Punto de ebullición: 171°C Punto de fusión: 10°C Densidad relativa (agua = 1): 1.02 Solubilidad en agua: fácilmente soluble Presión de vapor, Pa a 20°C: 53 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.1 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.00 Punto de inflamación: 85°C c.c. Temperatura de autoignición: 410°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 5.5-17 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -1.31 (estimado)</p>
--	---

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD

<p>Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor, a través de la piel y por ingestión.</p> <p>Efectos de exposición de corta duración La sustancia es corrosiva para la piel y los ojos. Corrosivo por ingestión. El vapor irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. Esto puede dar lugar a disminución del estado de alerta.</p>	<p>Riesgo de inhalación La evaporación de esta sustancia a 20°C producirá bastante lentamente una concentración nociva de la misma en aire; sin embargo, más rápidamente por pulverización o cuando se dispersa.</p> <p>Efectos de exposición prolongada o repetida</p>
---	---

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL
TLV: 3 ppm como TWA; 6 ppm como STEL. MAK: 0.51 mg/m ³ , 0.2 ppm; categoría de limitación de pico: I(1); sensibilización cutánea (SH); riesgo para el embarazo: grupo C. EU-OEL: 2.5 mg/m ³ , 1 ppm como TWA; 7.6 mg/m ³ , 3 ppm como STEL; (piel)

MEDIO AMBIENTE
La sustancia es nociva para los organismos acuáticos. La sustancia puede causar efectos prolongados en el medio acuático. Evitar su liberación al medio ambiente en circunstancias distintas al uso normal.

NOTAS
Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. La alerta por el olor cuando se supera el límite de exposición es insuficiente. NO llevar a casa la ropa de trabajo.

INFORMACIÓN ADICIONAL
- Límites de exposición profesional (INSST 2019): VLA-ED: 1 ppm; 2,5 mg/m ³ VLA-EC: 3 ppm; 7,5 mg/m ³ Notas: vía dérmica. - N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 603-030-00-8 - Clasificación UE

 <p>GOBIERNO DE ESPAÑA</p>	<p>MINISTERIO DE TRABAJO, MIGRACIONES Y SEGURIDAD SOCIAL</p>		<p>La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018</p>
---	--	--	--

Figura 7. Ficha de Seguridad de monoetanolamina.

*1No existe la FISQ (Ficha Internacional de Seguridad Química) en la base de datos del INSST (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo). Para el Óxido de Etileno se ha realizado el análisis de peligrosidad con la ficha de Seguridad de una empresa del sector químico, en concreto MESSER.

5.4. Almacenamiento de las sustancias químicas

5.4.1. Normativa de almacenaje

La reglamentación vigente sobre almacenamiento de productos químicos está constituida por el **Real Decreto 656/2017** [8], por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE APQ 0 a 10.

En la planta de producción de óxido de etileno, teniendo en cuenta que el producto que se almacena es el propio óxido de etileno, la ITC (instrucciones técnicas complementarias) referente al almacenamiento que hay que tener en cuenta es la MIE APQ-2: “Almacenamiento de óxido de etileno en recipientes fijos”.

Para el almacenaje de nitrógeno necesario para realizar la inertización se seguirá la ITC EP-4 [9] “Depósitos criogénicos” destinados al almacenamiento y utilización de gases como el nitrógeno.

5.4.2. Medidas de seguridad en los tanques de almacenaje

Las medidas de seguridad para los diferentes tanques de almacenamiento se detallan a continuación.

Los tanques de almacenamiento de óxido de etileno constarán de:

- Un sistema de venteo e inertización con nitrógeno como medida de seguridad para evitar la deformación de los tanques por sobrepresión o como consecuencia de los procesos de carga y descarga.
- Medidor de nivel de tipo interno, que llevará asociada una alarma de nivel alto.
- Dos medidores de temperatura del líquido independientes con alarma de temperatura alta.
- Un controlador con registro de presión y válvulas de control automáticas para la regulación de la presión.
- Dos válvulas de seguridad de forma que la capacidad de descarga sea suficiente para evacuar la descarga máxima previsible.
- Cubetos de retención, por si se produce un derrame del producto de los tanques, que quede retenido y no se disperse.
- Pavimento de hormigón con sellado de las juntas de dilatación

Los tanques de almacenamiento de nitrógeno subcontratados a la empresa Air Liquide constarán de:

- Sonda de temperatura
- 5 válvulas de seguridad
- Válvula de retención
- Válvula reductora de presión

5.4.3. Cubetos de retención

Como medida de seguridad frente a posibles derrames o vertidos durante el almacenamiento o trasvase de productos peligrosos, se utilizarán cubetos de retención.

El diseño de los cubetos de retención se ha realizado según las instrucciones técnicas recogidas en la MIE-APQ 2 [8]. Para su diseño también se ha tenido en cuenta el número de tanques que habrá en la cubeta y la distancia que habrá entre tanque y tanque.

Los tanques se encontrarán en un área con muros de cerramiento laterales e intermedios entre ellos de hormigón. Los muros de cerramiento tendrán una altura de medio metro y los intermedios serán de 20 centímetros para evitar la dispersión de derrames entre ellos.

Esta área tendrá una salida directa a una canaleta de evacuación y pendiente hacia uno de los cuatro lados (el opuesto a dónde se encuentran las válvulas y tuberías de entrada y salida). Dicha canaleta conectará con la red de drenaje del almacenamiento.

5.5. Aplicación de la seguridad en la planta para atmósferas explosivas

5.5.1. Normativa ATEX

La normativa ATEX se utiliza para prevenir explosiones en una atmósfera explosiva, se entiende por atmósfera explosiva toda mezcla, en condiciones atmosféricas, de aire y sustancias inflamables en forma de gas, vapor o polvo en la que, tras la ignición, se propaga la mezcla no quemada

Las tres normativas que regulan la Prevención de Riesgos en Atmósferas Explosivas son las siguientes:

- **Real Decreto 400/1996** [10] relativo a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas [Trasposición de la Directiva 94/9/CE (ATEX-100)].
- **Real Decreto 681/2003** [11] sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de la presencia de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo [Trasposición de la Directiva 99/92/CE (ATEX-137)].
- **La Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales** [12] determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades para una adecuada protección de la salud de los trabajadores en el lugar de trabajo, dejando al desarrollo de normas reglamentarias la fijación de las medidas mínimas para la adecuada protección (Art. 43 Ley 31/1995 LPRL).

5.5.2. Clasificación de las zonas ATEX

Se consideran áreas de riesgo de explosión, aquellas áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores afectados.

La clasificación por zonas se ha utilizado para determinar el nivel de seguridad necesario para material eléctrico instalado en atmosferas explosivas con gases de grupo II, material destinado a lugares expuestos a atmosferas explosivas diferentes de las minas de grisú.

- Zona 0: Área de trabajo con presencia de una atmósfera explosiva, está presente de modo permanente, o por un periodo de tiempo prolongado, o con frecuencia.
- Zona 1: Área de trabajo con presencia de una atmósfera explosiva, está presente de forma intermitente en servicio normal.
- Zona 2: Área de trabajo con presencia de una atmósfera explosiva, está presente de forma episódica o durante cortos periodos.

Normativa ATEX CEI-EN 60079-10-1: Clasificación de los emplazamientos, atmósferas explosivas con gases. (Fecha de consulta: 01.06.20)

A continuación, se muestra la clasificación ATEX por áreas de la planta de producción:

El criterio utilizado es el siguiente:

Zona 0:

- El interior de recipientes de almacenamiento cerrados que contengan líquidos inflamables.
- Entorno próximo a la salida de los tubos de aireación de los depósitos atmosféricos de líquidos inflamables.
- El interior de aparatos de fabricación o de mezcla cerrados.

Zona 1:

- La proximidad inmediata de aberturas de llenado y vaciado ocasionales de líquidos inflamables.
- El exterior de recipientes que pueden abrirse ocasionalmente o la proximidad inmediata de aberturas de alimentación, bocas de carga y tomas de muestras.
- Los orificios de salida al aire libre de guardas apagallamas hidráulicas.
- Extremos de los brazos articulados y de las mangas flexibles de carga de vehículos-cisterna y otros recipientes.
- Tapas y registros de carga y válvulas de vaciado de aparatos.
- Válvulas de tomas de muestras y de purgado libre al ambiente.

Zona 2:

- Las áreas en que el escape puede proceder de una avería o situación anormal o accidental.
- Cierres o sellados de bombas, de compresores, válvulas, etc.
- Aparatos de materiales frágiles (vidrio, cerámica, etc.), protegidos, en los que accidentalmente podría producirse su rotura.
- Orificios de respiración de membranas de manorreductores (reductores de presión).
- Cubetos de retención en condiciones de seguridad.

Seguidamente se clasifican en las siguientes tablas los equipos que pueda existir un riesgo de atmosfera explosiva. (Ver **Tabla 3**; **Tabla 4**; **Tabla 5**; **Tabla 6**; **Tabla 7** y **Tabla 8**)

Tabla 3. Clasificación ATEX para el Área 100.

		Clasificación ATEX para el Área 100		Aprobado por: Dirección Técnica	
				Planta de Óxido de Etileno	
				Fecha: 01/06/20	
Equipos		Identificación del riesgo	Clasificación	Observaciones	
Nombre	Ítem				
Compresor	K-101, K-102, K-103	Compresión dentro del compresor	Zona 0	Hay compresión del oxígeno y del etileno, es decir aumenta presión y temperatura	
		Entradas y salidas del compresor	Zona 1		
		Alrededor del compresor	Zona 2		
Intercambiador de calor	E-101	Interior de tubos del intercambiador	Zona 0	Presencia de oxígeno y etileno, a alta temperatura	
		Entradas y salidas del intercambiador	Zona 1		
		Alrededor del intercambiador	Zona 2		

Tabla 4. Clasificación ATEX para el Área 200.

		Clasificación ATEX para el Área 200		Aprobado por: Dirección Técnica	
				Planta de Óxido de Etileno	
				Fecha: 01/06/20	
Equipos		Identificación del riesgo	Clasificación	Observaciones	
Nombre	Ítem				
Reactor	R-201, R-202	Interior de los tubos	Zona 0	Alta temperatura y presión, con generación de calor y de óxido de etileno. Presencia de oxígeno y etileno.	
		Conexiones de la parte de tubos	Zona 1		
		Toma muestras del reactor	Zona 1		
		Válvulas de seguridad	Zona 1		
		Alrededor del reactor	Zona 2		
Intercambiador de calor	E-201	Interior de tubos del intercambiador	Zona 0	Presencia de oxígeno, etileno y óxido de etileno a alta temperatura	
		Entradas y salidas del intercambiador	Zona 1		
		Alrededor del intercambiador	Zona 2		
Absorbedor	A-201	Interior del absorbedor	Zona 1	Productos inflamables pero muy diluidos a presión y temperaturas bajas.	
		Conexiones del absorbedor	Zona 1		
		Alrededor del absorbedor	Zona 2		

Tabla 5. Clasificación ATEX para el Área 300.

		Clasificación ATEX para el Área 300		Aprobado por: Dirección Técnica
				Planta de Óxido de Etileno
				Fecha: 01/06/20
Equipos		Identificación del riesgo	Clasificación	Observaciones
Nombre	Ítem			
Compresor	K-301	Compresión dentro del compresor	Zona 0	Hay compresión del oxígeno, etileno y óxido de etileno, es decir aumenta presión y temperatura.
		Entradas y salidas del compresor	Zona 1	
		Alrededor del compresor	Zona 2	
Intercambiador de calor	E-301, E-302	Interior de tubos del intercambiador	Zona 0	Presencia de oxígeno, etileno y óxido de etileno a alta temperatura.
		Entradas y salidas del intercambiador	Zona 1	
		Alrededor del intercambiador	Zona 2	
Absorbedor	A-301	Interior del absorbedor	Zona 0	Productos inflamables diluidos, pero a presión muy alta.
		Conexiones del absorbedor	Zona 1	
		Válvulas de seguridad	Zona 1	
		Alrededor del absorbedor	Zona 2	
Destilador	L-301	Interior del destilador	Zona 0	Productos inflamables diluidos, pero a presión muy alta y temperatura elevada.
		Válvulas de seguridad	Zona 1	
		Conexiones del destilador	Zona 1	
		Alrededor del destilador	Zona 2	
Tanque flash	F-301	Interior del tanque flash	Zona 0	Productos inflamables diluidos a muy alta presión
		Conexiones del tanque flash	Zona 1	
		Alrededor del tanque flash	Zona 2	

Tabla 6. Clasificación ATEX para el Área 400.

		Clasificación ATEX para el Área 400		Aprobado por: Dirección Técnica	
				Planta de Óxido de Etileno	
				Fecha: 01/06/20	
Equipos		Identificación del riesgo	Clasificación	Observaciones	
Nombre	Ítem				
Compresor	K-401	Compresión dentro del compresor	Zona 0	Productos inflamables en gran cantidad de óxido de etileno, se hace una compresión y recalentamiento elevado.	
		Entradas y salidas del compresor	Zona 1		
		Alrededor del compresor	Zona 2		
Intercambiador de calor	E-404	Interior de tubos del intercambiador	Zona 0	Productos inflamables en gran cantidad de óxido de etileno	
		Entradas y salidas del intercambiador	Zona 1		
		Alrededor del intercambiador	Zona 2		
Absorbedor	A-401	Interior del absorbedor	Zona 1	Productos inflamables diluidos, a baja temperatura y presión relativamente baja	
		Conexiones del absorbedor	Zona 1		
		Alrededor del absorbedor	Zona 2		
Desabsorbedor	S-401	Interior del desabsorbedor	Zona 0	Productos inflamables diluidos, a temperatura y presión considerablemente elevado	
		Conexiones del desabsorbedor	Zona 1		
		Alrededor del desabsorbedor	Zona 2		
Destilador	L-301	Interior del destilador	Zona 0	Purificación del óxido de etileno, parte inferior del destilador muy diluido	
		Conexión superior	Zona 0		
		Conexión inferior	Zona 1		
		Alrededor del destilador	Zona 2		

Tabla 7. Clasificación ATEX para el Área 500.

		Clasificación ATEX para el Área 500		Aprobado por: Dirección Técnica	
				Planta de Óxido de Etileno	
				Fecha: 01/06/20	
Equipos		Identificación del riesgo	Clasificación	Observaciones	
Nombre	Ítem				
Tanque de Óxido de etileno	T-501 a T-518	Interior del tanque	Zona 0	Producto muy inflamable	
		Válvulas de seguridad	Zona 1		
		Conexiones del tanque	Zona 1		
		Alrededor del tanque	Zona 2		
		Interior de los cubetos	Zona 2		
Bomba	P-501 y P-502	Interior de la bomba	Zona 0	Producto muy inflamable	
		Conexiones de la bomba	Zona 1		
		Alrededor de la bomba	Zona 2		

Tabla 8. Clasificación ATEX para el Área 900.

		Clasificación ATEX para el Área 900		Aprobado por: Dirección Técnica	
				Planta de Óxido de Etileno	
				Fecha: 01/06/20	
Equipos		Identificación del riesgo	Clasificación	Observaciones	
Nombre	Ítem				
Carga del camión	N.P.	Mangueras de llenador	Zona 0	Producto muy inflamable	
		Cisterna del camión	Zona 1		
		Bombas de llenado	Zona 1		
		Alrededor del camión	Zona 2		
Bomba	P-901 y P-902	Interior de la bomba	Zona 0	Producto muy inflamable	
		Conexiones de la bomba	Zona 1		
		Alrededor de la bomba	Zona 2		

5.5.3. Acciones de extinción de una atmosfera explosiva

Una de las principales medidas que se toma para asegurar la reducción de una atmósfera explosiva, es la inertización con nitrógeno. Mediante el uso de este gas inerte, se puede diluir los gases que producen la explosión en el interior de las instalaciones, evitando o minimizando de forma significativa la formación de atmósferas peligrosas.

No obstante, la mejor forma de extinción es la prevención de la aparición de atmósferas explosivas con la presencia de detectores de atmósferas explosivas [13] y el correcto estado de mantenimiento de las válvulas y equipos.

5.5.4. Detectores de atmosferas explosivas

- Un sensor electroquímico consiste como mínimo de dos electrodos (electrodo de medida y contra electrodo) que tienen contacto eléctrico de dos maneras diferentes: por un lado, vía un medio eléctricamente conductivo llamado electrolito (un líquido pastoso para transportar iones), por otro lado, vía un circuito de corriente eléctrica externo (un simple cable de cobre para transportar electrones).

Los sensores electroquímicos necesitan muy poca energía, por eso pueden funcionar en seguridad intrínseca. En este caso, no se necesita pasadas carcassas antideflagrantes y se pueden realizar los cambios de los sensores fácilmente sin necesidad de solicitar permisos de trabajo en caliente.

- Los sensores de perla catalítica también son llamados pellistor. Bajo ciertas circunstancias los gases y vapores inflamables se pueden oxidar mediante el oxígeno del aire para liberar calor de la reacción. Normalmente esto se consigue por un material catalizador especial y adecuadamente calentado, que aumenta ligeramente su temperatura por el calor de la reacción. Este aumento de temperatura es una medida para la concentración de gas.

Un pellistor solo, no es adecuado para la detección de gases y vapores inflamables. Hace falta un segundo para compensar los parámetros ambientales (especialmente temperatura y humedad). Éste debe estar protegido contra explosiones, mediante una carcasa antideflagrante y un disco sinterizado resulta un sensor de perlas catalíticas útil.

- Los sensores infrarrojos considerando el amplio margen de gases y vapores inflamables, uno se da cuenta que la mayoría de estas sustancias son compuestos químicos que principalmente consisten en carbono, hidrógeno, oxígeno, y a veces nitrógeno. Estos compuestos orgánicos se denominan hidrocarburos. Los hidrocarburos tienen propiedades especiales que pueden ser usados para la medición por infrarrojos de su concentración.

- Todos los gases absorben radiación de una manera característica, algunos incluso en el rango visible (0,4 a 0,8 micrómetros). Los hidrocarburos absorben radiación a un rango determinado de longitud de onda, aprox. de 3,3 a 3,5 micrómetros, y, puesto que el oxígeno, el nitrógeno y el argón no absorben, esto puede ser usado para la medición de concentración de hidrocarburos en aire.
Como ya se ha expuesto anteriormente, la mayoría de los gases y vapores inflamables son hidrocarburos que casi siempre son detectables por su característica absorción de infrarrojos.

- Sensores de difusión controlada. La alta velocidad de las moléculas de gas es la causa de que los gases se expandan rápidamente y también se mezclen rápidamente con otros gases y no se vuelvan a separar nunca. Mientras que haya diferencias de concentración en la mezcla completa el proceso de mezcla es incompleto y no finaliza. Estas diferencias de concentración también pueden actuar como una micro-bomba. Si la diferencia de concentración se mantiene constante habrá un flujo continuo de moléculas en la dirección de la concentración más baja y este efecto es utilizado para los sensores en la tecnología de detección de gas, los llamados sensores de difusión controlada. Con el sensor de perla catalítica y el sensor electroquímico el gas patrón es consumido por la reacción química, directamente en el lugar de la reacción tenemos una concentración de gas cercana a cero, mucho menos entonces en la zona, produciendo una zona de reducción. Así hay una diferencia de concentración forzada y las moléculas de gas fluyen en la zona de reacción del sensor.

- Supresores de las atmosferas explosivas.
En cuanto a los supresores de atmosferas explosivas destaca principalmente la utilización de un Sistema HRD (Alto ratio de descarga), del inglés, High Ratio Discharge (22) (Ver **Figura 8**. Sistema HRD de supresión de atmosferas explosivas.).

Este Sistema HRD detecta el inicio de la explosión en el interior de un equipo mediante detectores ópticos y de presión, y la suprime en cuestión de milisegundos en el espacio protegido. Mantiene los límites de la presión de explosión por debajo de los de resistencia a la presión límite del equipo, previniendo así su destrucción. Dicho sistema se caracteriza por la eliminación de los daños en la instalación, aunque lo más importante es la protección que garantiza a las personas.



Figura 8. Sistema HRD de supresión de atmosferas explosivas.

Dicho Sistema HRD está compuesto por tres partes:

- **Unidad de control (4):** La unidad de control de 1 o múltiples zonas evalúa y archiva la información del detector, botellas de extinción activadas, supervisa los circuitos para la conexión de otros sensores, proporciona datos a sistemas superiores y sirve de interfase para los operarios.
- **Detectores de explosión (1):** Los detectores de presión detectan el inicio de la explosión transmitiendo la información a la unidad de control en cuestión de milisegundos. Se caracteriza por un tiempo de reacción muy corto.
- **HRD miembros activos (5):** Los contenedores especiales HRD equipados con válvulas de apertura muy rápida y otros accesorios contienen el agente extintor bajo una presión estable. En el momento de la detección de una explosión, proporcionan una inmediata y efectiva introducción del agente extintor en el equipo protegido. Existen varios tamaños de botella: 5, 8, 20 ó 50 litros. Se caracteriza por una rápida supresión de la explosión, junto con un fácil mantenimiento y operación.

5.6. Plan de emergencia de la planta

Plan de autoprotección de OXESA en el cual se refleja la organización, procedimientos de actuación y conjunto de medios con el fin de prevenir los accidentes de cualquier tipo y limitar los efectos en el interior de esta.

En este plan se reflejará un sistema de organización, unos procedimientos de actuación y unos medios materiales que faciliten a mitigar o evitar los accidentes y sus consecuencias.

Las disposiciones mínimas estarán detalladas en la NTP-791 “Planes de emergencia en la industria química” y en el RD 1196/2003 [14].

Las categorías de los accidentes dentro de la industria se determinan de la siguiente manera:

- Categoría 1: Aquellos para los que se prevea, como única consecuencia daños materiales en el establecimiento accidentado y no se prevean daños de ningún tipo en el exterior de éste.
- Categoría 2: Aquellos para los que se prevea, como consecuencias, posibles víctimas y daños materiales en el establecimiento; mientras que las repercusiones exteriores se limitan a daños leves o efectos adversos sobre el medio ambiente en zonas limitadas.
- Categoría 3: Aquellos para los que se prevea, como consecuencias, posibles víctimas, daños materiales graves o alteraciones graves del medio ambiental en zonas extensas y en el exterior del establecimiento.

5.6.1. Plan de emergencia externo (PEE)

Este plan será usado para prevenir y mitigar las consecuencias de posibles accidentes graves los cuales han sido analizados, clasificados y evaluados previamente. Estos permiten establecer las medidas de protección más idóneas, aportar los materiales y recursos humanos necesarios y la creación de un esquema de coordinación de las autoridades, órganos y servicios involucrados a intervenir.

Dichos planes, acatarán con las funciones básicas y dispondrán de los contenidos mínimos indicados en el Art.7 del RD 1196/2003 [14] y se activarán en función de la categoría del accidente, y de manera obligatoria siempre que el accidente sea de Categoría 2 o 3. Los accidentes situados en la Categoría 1 no justifican la activación del PEE.

A continuación, se muestra en la **Figura 9** la información del plan de emergencia exterior según el NTP-791.

El PEE tendrá dos grandes grupos: El informe de seguridad y el Plan de emergencia interno (PEI).

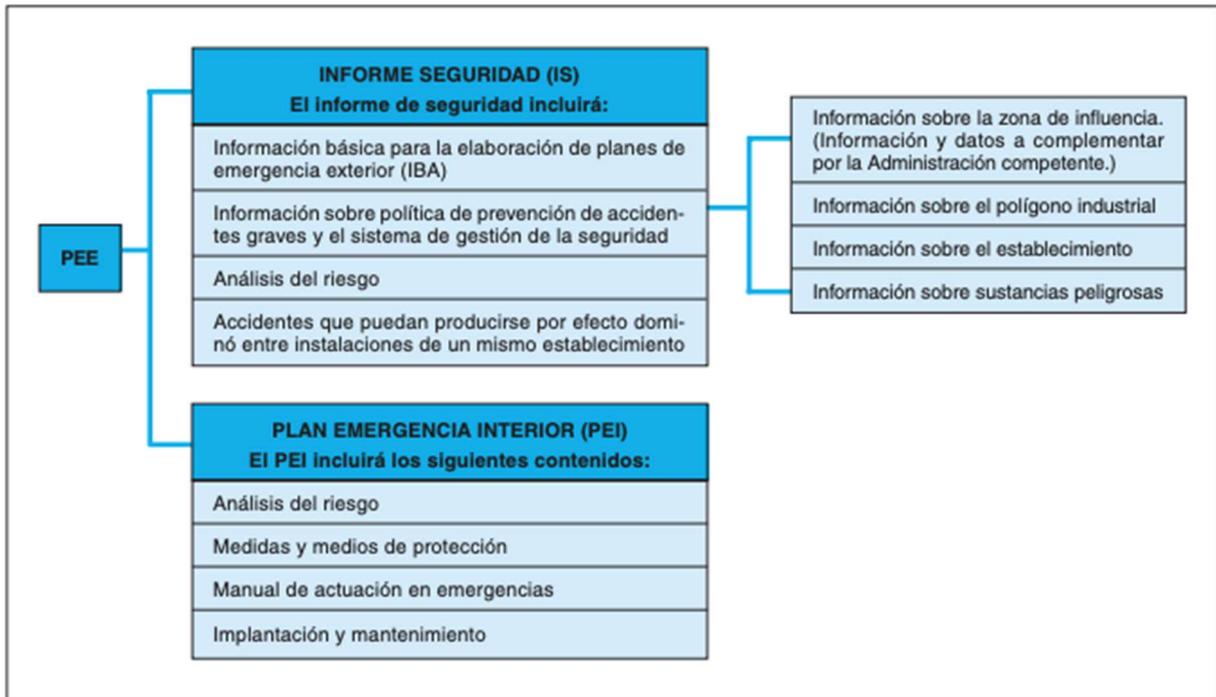


Figura 9. Información del Plan de Emergencia Externo.

Informe de seguridad

Este informe constará de la información básica que aportará la empresa sobre la cual es el informe de seguridad. Con estos datos será posible la elaboración de planes de emergencia exteriores. Esta será de carácter general tanto en entorno, instalaciones, procesos y productos relacionados con la actividad industrial peligrosa realizada en la empresa.

La información perteneciente al entorno de la empresa será ejecutada por la administración competente para la creación del plan de emergencia externo.

Además, se tendrá que redactar una política de prevención de accidentes graves, con los principios y objetivos de actuación generales en relación con el control de los riesgos de accidentes graves.

Una vez realizado, se administrará un sistema de gestión de seguridad que describa los distintos elementos puestos en marcha que permitan definir y aplicar la política de prevención.

Plan de emergencia interno (PEI)

Se define el plan de emergencia interior como la organización y conjunto de medios y procedimientos de actuación, previstos en una instalación industrial o en instalaciones industriales contiguas, con el fin de prevenir los accidentes de cualquier tipo y, en su caso, mitigar sus efectos en el interior de dichas instalaciones.

Este deberá contemplar la identificación de los accidentes que justifiquen su activación, basándose en un análisis de riesgos dependiendo de su grado de afectación o el informe de seguridad cuando proceda. También se desarrollarán los procedimientos organizativos y operativos de actuación para cada caso.

En la **Figura 10** se pueden observar los diferentes casos posibles:

1. Análisis de riesgo	Descripción general
	Evaluación de riesgos
	Planos de situación
2. Medidas y medios de protección	Medios materiales
	Equipos humanos
	Medidas correctoras del riesgo
3. Manual de actuación en emergencias	Objeto y ámbito
	Estructura organizativa de respuesta
	Enlace y coordinación con el plan de emergencia exterior
	Clasificación de emergencias
	Procedimientos de actuación e información
4. Implantación, simulacros y mantenimiento	Responsabilidades y organización
	Programa de implantación
	Programa de formación, adiestramiento y simulacros
	Programa de mantenimiento
	Programa de revisiones

Figura 10. Partes principales de un PEI.

Análisis de riesgo:

En este apartado se determina y valora las causas de emergencia más previsibles identificando las zonas potencialmente más peligrosas. El estudio de la peligrosidad de origen interno tendrá como características ser sistemático, repetible e involucrar un número suficiente de personas.

Este constará de diferentes puntos:

- Descripción general: Descripción emplazamiento, características constructivas y ocupación, accesibilidad y vías de evacuación y un estudio de las instalaciones y zonas donde puedan estar presentes sustancias peligrosas.
- Evaluación del riesgo: Se incluirán una descripción y justificación breve de los principios y metodología utilizados por la evaluación de riesgo y la determinación de los posibles accidentes susceptibles de activar el plan de autoprotección.
- Planos: Se pondrán los planos de todos aquellos elementos que contribuyan al riesgo a escala adecuada. Los diferentes planos deben constituir un conjunto homogéneo en cuanto a escala, orientación y otros aspectos.

Medidas y medios de protección

Tanto los medios materiales, equipos humanos, medidas correctoras de riesgo y planos específicos se considerarán en este punto.

- Medios materiales: Se detallarán las características de los medios de prevención y protección disponibles en el establecimiento. Y se identificarán sus posibles deficiencias de funcionamiento o diseño.
- Equipos humanos: Se identificarán los recursos humanos y aquellos más directamente relacionados con las actuaciones en emergencias, indicando la dependencia organizativa y los procesos de movilización, teniendo en cuenta todas las situaciones posibles.
- Medidas correctoras del riesgo: Se identificarán las medidas de prevención y protección existentes que pudieran contribuir directamente a prevenir accidentes y mitigar los efectos de ellos.
- Planos específicos: Se localizarán a un nivel de detalle adecuado los medios y equipos de protección utilizables en caso de accidente, así como de las posibles rutas de evacuación.

Manual de actuación de emergencias

El objetivo del manual es tener por escrito las previsiones de actuación en los distintos grados de emergencia, que involucrarán a distintos grados de emergencia, que involucrarán distintos niveles de personas que deberán actuar bien organizados.

Los posibles accidentes y los factores de riesgo se clasificarán de acuerdo con su posible gravedad en conato de emergencia, emergencia parcial y emergencia general.

- Conato de emergencia: Es aquella situación de emergencia que puede ser neutralizada y dominada de forma sencilla por el personal y medios de protección.
- Emergencia parcial: Aquella situación de emergencia que no puede ser dominada de inmediato como un conato y requiere actuación de los equipos especiales de emergencia del sector. No afectan sectores colindantes ni personas. No precisará de evacuación.
- Emergencia total: Aquella situación de emergencia que supera la capacidad de los medios humanos y materiales contra incendios y emergencias establecidas en la planta industrial y obliga a la actuación de todos los equipos de emergencia de la empresa y la ayuda de medios de socorro y salvamiento exteriores. Con carácter general comportará la evacuación general de la empresa de forma ordenada y controlada.

En el manual de emergencia se especifica claramente las condiciones en las cuales se activarán cada una de las diferentes situaciones de emergencia, y cuando darlas por finalizadas.

Una obligación legal es la creación y adiestramiento de grupos de personas con tareas definidas para actuar en las emergencias (equipos de prevención y de actuación) y su adecuado equipamiento. Esta obligación tiene como propósito la correcta operatividad del Plan Interno de Emergencia.

En el PEI se definen los pasos a seguir para realizar el control de emergencia, el cual se hará por el personal del equipo de seguridad. La estructura definida en la empresa OXESA es la siguiente y se muestra en forma de organigrama en la **Figura 11:**

- Jefe de emergencia: Es el máximo responsable en caso de emergencia. Sus funciones se centrarán en clasificar el tipo de emergencia y tomará las decisiones necesarias en cada caso en función de la información que reciba del centro de coordinación interno. Será obligatoria su presencia continuada en la instalación. Deberá ser consultado en todas las situaciones que involucren aspectos de la seguridad de la planta. Además, será el interlocutor del establecimiento con la autoridad competente en el exterior para garantizar la coordinación con el plan de emergencia exterior, cuando proceda.
- Jefe de intervención: Recibirá la notificación de la emergencia por parte del jefe de emergencia y seguirá sus instrucciones. Las funciones principales para llevar a cabo serán asumir la dirección de los equipos de intervención controlando su acción y mantener su comunicación permanente con el jefe de Emergencia.
- Equipos de primera intervención: Constituidos por personal formada, entrenado y equipado para actuar en el inicio de la emergencia, hará lo que acudirán a la zona donde se ha producido la misma con los medios previstos para cada una de las posibles situaciones de emergencia recogidas en el manual de actuación de emergencias. Como mínimo siempre actuarán por parejas y es recomendable que todo el personal de la planta reciba la formación imprescindible para participar en un equipo de primera intervención.
- Equipo de segunda intervención: Personal formado, entrenado y equipado para intervenir cuando los equipos de primera intervención no puedan controlar la situación de emergencia.
- Equipo de alarma y evacuación: Encargados de garantizar y dirigir la evacuación ordenada de las personas hacia la salida de emergencia correspondiente.
- Equipos de primeros auxilios: Deben prestar los primeros auxilios a los lesionados durante la emergencia y valorar la necesidad de solicitar ayudas sanitarias exteriores, en función de la magnitud de los daños ocasionados y los recursos disponibles.

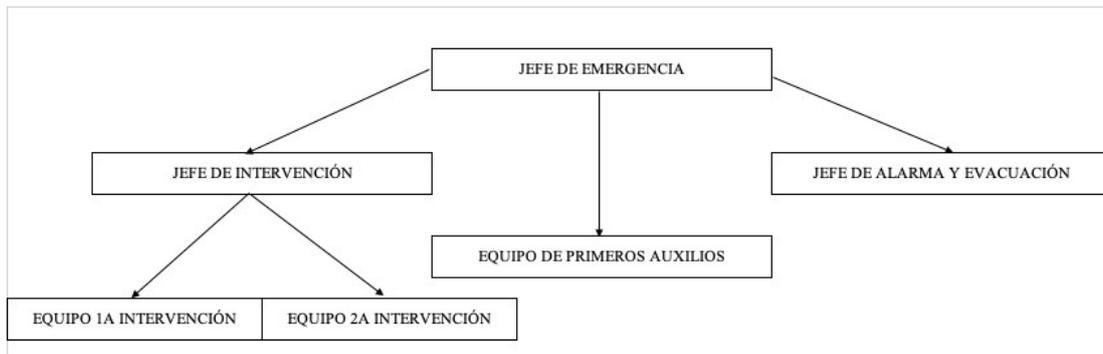


Figura 11. Organigrama de los puestos descritos anteriormente.

5.7. Análisis de riesgos HAZOP

HAZOP (Hazard and Operability) es un método de análisis de riesgos i operatividad. Consiste en evaluar, línea a línea y recipiente a recipiente, las consecuencias de las posibles desviaciones de todas las unidades de un proceso.

Se basa en la idea que una desviación de las condiciones normales en el funcionamiento puede conducir a un fallo del sistema. Se utiliza una metodología sistemática y rigurosa basada en la aplicación de palabras guía que proporcionan una estructura de razonamiento. El esquema del procedimiento se muestra en la **Figura 12** a continuación:



Figura 12. Esquema del funcionamiento de un HAZOP.

Las palabras guía utilizadas se definen a continuación en la **Tabla 9**:

Tabla 9. Palabras guía y su significado.

NO	No se consiguen las intenciones en el diseño
MÁS/MENOS	Aumentos o disminuciones cuantitativas sobra la intención del diseño
PARTE DE	Disminución cualitativa
INVERSO	Se obtiene el efecto contrario al deseado

Se ha intentado evitar las redundancias para no doblar así la información. Hay algunas salvaguardas o acciones que se han incorporado en el HAZOP pero que no están implementadas en la planta, pero se contemplan como posibles mejoras.

El modelo del HAZOP realizado se ha extraído de la empresa SYNTHESIA.

El HAZOP normalmente se realiza antes de hacer el control para así tener una idea que done es necesario y la cantidad de lazos de control que hacen falta, no obstante, en este caso se ha hecho de forma posterior al control de los equipos. Dicho esto, este es el esquema utilizado para la realización del HAZOP, utilizando un método numérico para cuantificar el riesgo y las salvaguardas.

Esquema funcionamiento del HAZOP

- Perturbación: Análisis de uno de los factores que configuran el equipo.
- Palabra guía: Palabra que indica un supuesto caso y su análisis a posteriori.
- Causas: Acontecimientos que lo provocarían. Se hace una clasificación mediante la frecuencia en la que esto ocurriría del 1 al 4. Se indica entre corchetes en el final de frase.
- Consecuencias: Acontecimientos que ocurrirían. Se analiza el valor de la consecuencia dependiendo de varios factores económicos, ambientales, operacionales, personal y propiedad. Se indica entre corchetes en el final de frase.
- Acciones y salvaguardas: Cómo se podría evitar la producción de estas consecuencias y que acciones se harían para disminuir la aparición de este riesgo. Se indica entre corchetes en el final de frase.
- Residual: El valor residual no es más que el valor de un peligro con salvaguarda y una acción para evitarlo y dependiendo del valor que tenga según unas tablas que se mostrarán a continuación será un peligro

altamente peligroso, peligroso, moderadamente peligroso o muy poco peligroso.

A continuación, se determinan en las **Figura 13** y **Figura 14** los criterios utilizados para determinar los valores de frecuencia, consecuencia, riesgo y peligrosidad:

VALOR	PROBABILIDAD O FRECUENCIA
5	Altamente probable. Probabilidad de ocurrencia anual
4	Probable, Grandes posibilidades de ocurrencia. Probabilidad de ocurrencia entre 1 y 5 años
3	Poco probable, posiblemente puede ocurrir. Probabilidad de ocurrencia entre 5 y 10 años
2	Posible, algunas posibilidades de ocurrencia. Probabilidad de ocurrencia entre 10 y 100 años
1	Improbable, mínima o ninguna probabilidad de ocurrencia. Probabilidad de ocurrencia mayor a 100 años

Criterios usados para asignar índices de frecuencia

VALOR	SEVERIDAD	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO O SEVERIDAD				
		PERSONAS	AMBIENTE	ECONOMÍA	OPERACIONES	PROPIEDAD
4	CATASTRÓFICO Extremadamente peligroso	Muerte o lesiones fatales	(Gran cantidad de químicos sin control) Pérdidas de especies y subespecies	Pérdida total e incapacidad de reactivar el negocio	Alto total de la planta por más de un mes	Más del 50% de la propiedad con severos daños.
3	CRÍTICO Altamente Peligroso	Lesiones graves a las personas. Deshabilidades permanentes	(Menor cantidad de químicos sin control) Daños graves a las especies	Pérdidas parciales que incapacitan temporalmente al negocio	Alto total de la planta o la mayor parte de ésta por más de 2 semanas	Más del 25% de la propiedad con severos daños.
2	MARGINAL Medianamente peligroso	Lesiones menores no deshabilitadoras	(Gran cantidad de químicos bajo control) Organismos parcialmente afectados	Pérdidas menores que incapacitan al negocio temporalmente	Alto total de un área o sistema operativo de la planta por más de una semana	Más del 10% de la propiedad con severos daños
1	DESPRECIABLE Mínimo o ningún peligro	Tratamiento de primeros auxilios	(Menor cantidad de químicos bajo control) No hay impacto en el ambiente	Pérdidas menores que no incapacitan al negocio	Alto total de un área o sistema operativo de la planta por más de 24 horas.	Menos del 1% de la propiedad con severos daños.

Criterios utilizados para la asignación de índices de consecuencias

Figura 13. Criterios para la asignación de un valor de índice de frecuencia y de consecuencia.

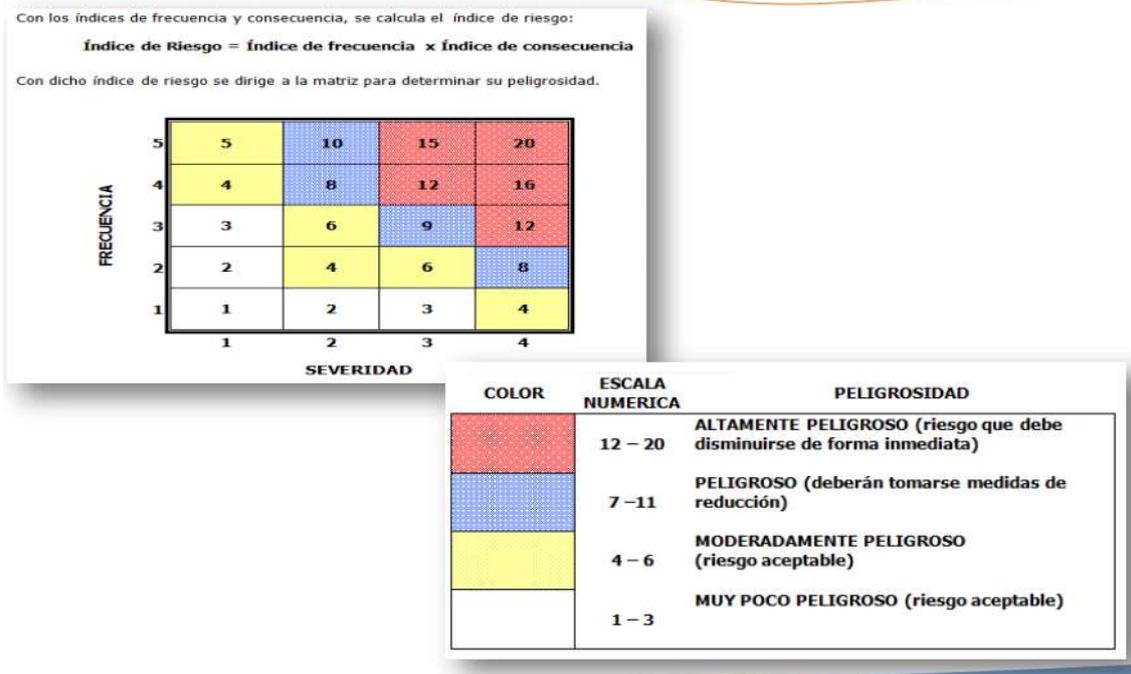


Figura 14. Escala del índice de riesgo y su peligrosidad.

Para la obtención del valor residual se utiliza el siguiente cálculo matemático:

$$\text{Índice de riesgo} = \text{Índice de frecuencia} \cdot \text{Índice de consecuencia}$$

De este valor se analiza el que tenga un valor numérico superior a los demás y se le resta el valor de las acciones y salvaguardas dependiendo de su tipo cómo se muestra en la **Tabla 10**:

Tabla 10. Diferentes valores de referencia acciones/salvaguardas.

Referencia valor acciones/salvaguardas	Valor
SISTEMAS SEGURIDAD (válvulas elementos específicas de seguridad)	8
SISTEMA AUTO 1º (que aplican directamente a la perturbación)	4
SISTEMAS DE MITIGACIÓN (sistemas de prevención y previsión)	3
SISTEMA AUTO 2º (que aplican indirectamente a la perturbación)	2
SISTEMAS DEPENDIENTES DE HUMANOS (mantenimiento, equipos manuales)	1

Dando como valor final el valor residual de este posible peligro o acontecimiento que se puede llegar a producir. Con este valor final se vuelve a mirar la **Figura 14** y se comprueba el valor final del índice de riesgo una vez restado el valor de las salvaguardas, si este se encuentra entre 1 y 6, el riesgo es aceptable. Si el valor sigue siendo de 7 hacia arriba se deben seguir implementando salvaguardas.

5.7.1. HAZOP de los equipos

A continuación, se muestran los HAZOP realizados para los diferentes equipos de la planta. (Ver **Tabla 11**; **Tabla 12**; **Tabla 13**; **Tabla 14**; **Tabla 15**; **Tabla 16**; **Tabla 17**; **Tabla 18** y **Tabla 19**)

Tabla 11. Análisis HAZOP del reactor.

		Planta de Óxido de Etileno	Análisis HAZOP - Reactor		Aprobado por: Dirección Técnica	Fecha: 10/05/20
		R-201, R-202				
Perturbación	Palabra Guía	Causas [F]	Consecuencias [C]	Salvaguarda y acciones [SV y VA]	Valor Residual	
Caudal de alimentación	NO	Fallo del compresor [4]	Parada de producción [1] No produce vapor de agua para la turbina [1]	Se dobla el compresor [1] Mantenimiento anual [1]	2	
		Obstrucción de la tubería [1]	Parada de la producción [1] No produce vapor de agua para la turbina [1]	Mantenimiento anual [1]	0	
		Fisura tubería [4]	Parada de la producción [1] Fuga de gas [3] No produce vapor de agua para la turbina [1]	Mantenimiento anual [1] Grosor de la tubería [3] Sobredimensionamiento [8]	0	
		Fisura válvula [2]	Parada de la producción [1] Fuga de gas [3] No produce vapor de agua para la turbina [1]	Mantenimiento anual [1]	5	
		Fallo del control de caudal [2]	Parada de la producción [1] No produce vapor de agua para la turbina [1]	Comprobación de funcionamiento anual [1]	1	

	Falta suministro [1]	Parada de la producción [1] No produce vapor de agua para la turbina [1]	N.P.	1
	Fallo válvula [1]	Parada de la producción [1] No produce vapor de agua para la turbina [1]	Comprobación de funcionamiento anual [1]	0
	Fallo sensor [3]	Parada de la producción [1] No produce vapor de agua para la turbina [1]	Comprobación de funcionamiento anual [1]	2
MÁS	Fallo de válvula [1]	Sobrepresión Reactor [1] Disminución conversión [1]	Mantenimiento anual [1]	0
	Fallo del control de caudal [2]	Sobrepresión Reactor [1] Disminución conversión [1]	Mantenimiento anual [1]	1
	Fallo de compresor [4]	Sobrepresión Reactor [1] Disminución conversión [1]	Se dobla el compresor [1] Mantenimiento anual [1]	3
MENOS	Fallo de válvula [1]	Runaway por aumento de tiempo de residencia [4] Disminución de la producción [1]	Mantenimiento anual [1] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8] Aumento de caudal refrigeración [4]	0
	Fallo del control de caudal [2]	Runaway por aumento de tiempo de residencia [4] Disminución de la producción [1]	Mantenimiento anual [1] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8] Aumento de caudal refrigeración [4]	0
	Fallo de compresor [4]	Runaway por aumento de tiempo de residencia [4] Disminución de la producción [1]	Se dobla el compresor [1] Mantenimiento anual [1] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8]	0

				Aumento de caudal refrigeración [4]	
		Falta de suministro [1]	Runaway por aumento de tiempo de residencia [4] Disminución de la producción [1]	4 válvulas de seguridad alivio de presión [8] Aumento de caudal refrigeración [4]	0
		Fisura tubería [4]	Parada de la producción [1] Fuga de gas [3] No produce vapor de agua para la turbina [1]	Mantenimiento anual [1] Grosor de la tubería [3] Sobredimensionamiento [8]	0
	INVERSO	Fisura en la tubería de entrada [4]	Parada de la producción [1] Fuga de gas [3] No produce vapor de agua para la turbina [1]	Mantenimiento anual [1] Grosor de la tubería [3] Sobredimensionamiento [8] Válvula antirretorno [3]	0
	PARTE DE	Fluido contaminado [4]	Formación subproductos [1] Desactivación del catalizador [2]	Toma de muestras [1] Parada de Limpieza [1]	6
		Variación de concentración [4]	Disminución conversión [1]	Control de composición [2]	2
Caudal de refrigeración	NO	Fallo de la bomba [4]	Aumento de la temperatura en el reactor [1] Aumento de la presión en reactor [1] Runaway [4] Explosión [4] Reacciones secundarias (combustión total del óxido de etileno) [3]	Mantenimiento anual [1] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8] Se dobla la bomba [1]	6

<p>Fisura tubería [4]</p>	<p>Aumento de la temperatura en el reactor [1] Aumento de la presión en reactor [1] Runaway [4] Explosión [4] Reacciones secundarias (combustión total del óxido de etileno) [3] Inundación de la zona [3] No hay generación de vapor [1]</p>	<p>Mantenimiento anual [1] Grosor de la tubería [3] Sobredimensionamiento [8] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8]</p>	<p>0</p>
<p>Fisura válvula [4]</p>	<p>Aumento de la temperatura en el reactor [1] Aumento de la presión en reactor [1] Runaway [4] Explosión [4] Reacciones secundarias (combustión total del óxido de etileno) [3] Inundación de la zona [3] No hay generación de vapor [1]</p>	<p>Mantenimiento anual [1] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8] Se dobla la válvula [1]</p>	<p>6</p>

	Fallo del control de caudal [2]	<p>Aumento de la temperatura en el reactor [1] Aumento de la presión en reactor [1] Runaway [4] Explosión [4] Reacciones secundarias (combustión total del óxido de etileno) [3] No hay generación de vapor [1]</p>	<p>Mantenimiento anual [1] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8] Regulación de caudal de alimentación [4]</p>	0
MÁS	Fallo de la bomba [4]	<p>Disminuye la conversión [1] Disminución de la temperatura [1] Menor temperatura del vapor para la turbina [1] Aumento de presión [1]</p>	<p>Mantenimiento anual [1] Se dobla la bomba [1]</p>	2
	Fallo del control de caudal [2]	<p>Disminuye la conversión [1] Disminución de la temperatura [1] Menor temperatura del vapor para la turbina [1] Aumento de presión [1]</p>	<p>Mantenimiento anual [1]</p>	1
	Fallo de válvula [2]	<p>Disminuye la conversión [1] Disminución de la temperatura [1] Menor temperatura del vapor para la turbina [1] Aumento de presión [1]</p>	<p>Mantenimiento anual [1] Se dobla la válvula [1]</p>	0

MENOS	Fallo de la bomba [4]	Aumenta la conversión [1] Aumenta la temperatura y presión en el reactor [1] Runaway [4]	Mantenimiento anual [1] Se dobla la bomba [1] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8] Regulación de caudal de alimentación [4]	2
	Fallo del control de caudal [2]	Aumenta la conversión [1] Aumenta la temperatura y presión en el reactor [1] Runaway [4]	Mantenimiento anual [1] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8]	0
	Fallo de válvula [2]	Aumenta la conversión [1] Aumenta la temperatura y presión en el reactor [1] Runaway [4]	Mantenimiento anual [1] Se dobla la válvula [1] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8]	0
INVERSO	Fisura en la tubería de entrada [4]	Inundación de la zona [3]	Parada de planta [1] Mantenimiento de la planta [1] Grosor de la tubería [3] Válvula antirretorno [2]	5
	Mala instalación de la bomba [1]	Mal funcionamiento [2]	Prueba hidráulica [1]	1

	PARTE DE	Contaminación [3]	Corrosión de la tubería [1]	Parada de planta [1] Mantenimiento de la planta [1]	1
Temperatura	MÁS	Disminución del caudal de refrigeración [5]	Runaway [4] Explosión [4] Aumenta la conversión [1] Mal funcionamiento del catalizador [1]	Parada de planta [1] Mantenimiento de la planta [1] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8] Controladores [4]	6
		Condiciones climáticas extremas [3]	Runaway [4] Explosión [4] Aumenta la conversión [1]	Parada de planta [1] Mantenimiento de la planta [1] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8] Controladores [4]	0
		Composición de entrada caudal de alimentación [5]	Runaway [4] Explosión [4] Aumenta la conversión [1] Subproductos [1]	Parada de planta [1] Mantenimiento de la planta [1] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8] Controladores de composición [4] Controladores de caudal de nitrógeno [4]	2
		Menos caudal de entrada [5]	Mayor tiempo de residencia [1] Oxidación total [2]	Parada de planta [1]	2

		Runaway [4]	Mantenimiento de la planta [1] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8] Controladores de caudal de alimentación [4] Controladores de caudal de refrigeración [4]	
	Mayor temperatura del caudal de alimentación [5]	Runaway [4] Explosión [4] Aumenta la conversión [1] Subproductos [1]	Parada de planta [1] Mantenimiento de la planta [1] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8] Controladores de caudal de refrigeración [4]	6
	Mayor temperatura del caudal del refrigerante [5]	Runaway [4] Explosión [4] Aumenta la conversión [1] Subproductos [1]	Parada de planta [1] Mantenimiento de la planta [1] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8] Controladores de caudal de refrigeración [4]	6
MENOS	Aumento de caudal de refrigeración [5]	Inundación de la turbina [2] Disminución de la conversión [1] Disminución de temperatura del caudal de vapor generado [1]	Controladores sobre el caudal de refrigeración [4] Parada de planta [1] Mantenimiento de la planta [1]	4

Presión	MÁS	Disminución del caudal de alimentación [5]	Disminución de la conversión [1] Disminución de temperatura del caudal de vapor generado [1]	Controlador sobre el caudal de alimentación [2] Controladores sobre el caudal de refrigeración [4] Mantenimiento de la planta [1]	0
		Disminución de la temperatura del caudal de alimentación [5]	Disminución de la conversión [1] Disminución de temperatura del caudal de vapor generado [1]	Controladores sobre el caudal de refrigeración [4] Mantenimiento de la planta [1]	0
		Disminución de la temperatura del caudal de refrigeración [5]	Disminución de la conversión [1] Disminución de temperatura del caudal de vapor generado [1]	Controlador sobre el caudal de alimentación [2] Controladores sobre el caudal de refrigeración [4] Mantenimiento de la planta [1]	0
	MÁS	Fallo compresión o bomba [4]	Oxidación total del óxido de etileno [1] Daños en el reactor [2]	Mantenimiento anual [1] Se dobla la bomba [1]	6
		Aumento de caudal de alimentación [5]	Disminución de la conversión [1]	Controlador [4]	1
		Fallo de válvula salida [2]	Runaway [4] Explosión [4]	Control de alimentación [4] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8] Mantenimiento anual [1]	0

Reacción	MENOS	Fallo de control [2]	Modifica la conversión [1] Runaway [4] Explosión [4]	Mantenimiento anual [1] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8]	0
		Fallo de control [2]	Modifica la conversión [1]	Mantenimiento anual [1]	1
		Disminución de caudal de alimentación [5]	Modifica la conversión [1]	Mantenimiento anual [1] Control de alimentación [4]	0
		Fallo compresión o bomba [4]	Modifica la conversión [1]	Mantenimiento anual [1] Se dobla la bomba [1]	2
	NO	Desprendimiento del catalizador [1]	Parada producción [2]	Mantenimiento anual [1] Inmovilizar el catalizador [1]	0
		No hay caudal de entrada [4]	Parada producción [1]	N.P.	4
		Ausencia de un reactivo [1]	Parada producción [1]	N.P.	1
	MENOS	Condiciones desfavorables de operación [5]	Aumento o disminución de la temperatura o presión [1] Menor conversión [1]	Controladores [4]	1
		Aumento del caudal de alimentación [5]	Menor conversión [1]	Controlador de alimentación [4]	1
		Variación de la composición de los reactivos [5]	Menor conversión [1]	Controlador de composición [4]	1
		Desactivación del catalizador [3]	Menor conversión [1]	Mantenimiento anual [1]	2
	MÁS	Aumento de temperatura y presión [5]	Runaway [4]	Control de nitrógeno [4] Control de refrigeración [4] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8] Mantenimiento anual [1]	3

	Disminución del caudal de alimentación [5]	Mayor conversión [1] Formación de subproductos [2]	Controlador de alimentación [4] Purgas [1]	5
	Runaway [5]	Explosión [4] Fugas de productos químicos [4] Incendio [4]	Control de nitrógeno [4] Control de refrigeración [4] 4 válvulas de seguridad alivio de presión [8] Mantenimiento anual [1]	3

Tabla 12. Análisis HAZOP de las columnas de destilación.

		Planta de Óxido de Etileno	Análisis HAZOP – Columna de destilación		Aprobado por: Dirección Técnica	Fecha: 10/05/20
		L-301, L-402				
Perturbación	Palabra Guía	Causas [F]	Consecuencias [C]	Salvaguarda y acciones [SV y VA]	Valor Residual	
Caudal de entrada	NO	Obstrucción de la tubería [1]	Parada de la producción [1]	Mantenimiento anual [1]	0	
		Fisura tubería [4]	Parada de la producción [1] Fuga de gas [3]	Mantenimiento anual [1] Grosor de la tubería [3] Sobredimensionamiento [8]	0	
		Fisura válvula [2]	Parada de la producción [1]	Mantenimiento anual [1]	1	
		Fallo del control de caudal [2]	Parada de la producción [1]	Comprobación de funcionamiento anual [1]	1	
		Fallo válvula [1]	Parada de la producción [1]	Comprobación de funcionamiento anual [1]	0	
	MENOS	Obstrucción de la válvula de entrada [1]	Disminución en la separación de productos [1]	Mantenimiento anual [1]	0	

		Fallo en la válvula de entrada [1]	Disminución en la separación de productos [1]	Mantenimiento anual [1]	0
Reflujo	NO	Obstrucción de la válvula de entrada [1]	Disminución de la composición del destilado [1]	Mantenimiento anual [1]	0
		Fallo de válvula [2]	Disminución de la composición del destilado [1]	Mantenimiento anual [1] Se dobla la válvula [1]	0
	MÁS	Temperatura superior a la esperada por cabezas [2]	Menor caudal de destilado [1] Riesgo de inundación de columna [2]	Calibración regular de la sonda de temperatura [2] Sobredimensionamiento de la columna [3]	0
		Obstrucción de la válvula de salida [1]	Menor caudal de destilado [1] Riesgo de inundación de columna [2]	Mantenimiento anual [1] Sobredimensionamiento de la columna [3]	0
		Fallo de la válvula de salida [2]	Menor caudal de destilado [1] Riesgo de inundación de columna [2]	Mantenimiento anual [1] Sobredimensionamiento de la columna [3]	0
	MENOS	Temperatura inferior a la esperada por cabezas [2]	Mayor caudal de destilado [1]	Mantenimiento anual [1]	1

		Fallo de la válvula de salida [2]	Mayor caudal de destilado [1]	Mantenimiento anual [1]	1
Temperatura	MÁS	Fallo en el control de temperatura [3]	Riesgo de inundación de columna [2] Variación de las condiciones de operación óptimas [1] Mayor desgaste de tuberías y equipos [1] Cambio en las composiciones de salida [1]	Controles de seguridad [4] Mantenimiento anual [1]	1
		Aumento de la presión [3]			
		Aumento de evaporación en el reboiler [1]			
	MENOS	Fallo en el control de temperatura [3]	Riesgo de inundación de columna [2] Variación de las condiciones de operación óptimas [1] Mayor desgaste de tuberías y equipos [1] Cambio en las composiciones de salida [1]	Controles de seguridad [4] Mantenimiento anual [1]	1
		Fallo en el reboiler [2] Fallo en el condensador [2]			
Presión	MÁS	Aumento de la temperatura [3]	Riesgo de inundación de columna [2]	Controles de seguridad [4] Mantenimiento anual [1]	0

			Variación de las condiciones de operación óptimas [1] Mayor desgaste de tuberías y equipos [1] Cambio en las composiciones de salida [1]	Sobredimensionamiento de la columna [3]	
		Fallo en el reboiler [2]			
		Obstrucción en las válvulas de salida [1]	Parada de la producción [1]	Comprobación de funcionamiento anual [1]	0
		Fallo de la válvula de salida [2]	Parada de la producción [1]	Comprobación de funcionamiento anual [1]	1
	MENOS	Fallo en el control de temperatura [3]	Disminución de la temperatura [1] Disminución en la separación de productos [1] Deformación por formación de vacío [2] Parada producción [1]	Controles de seguridad [4] Mantenimiento anual [1] Sobredimensionamiento de la columna [3]	0
		Fuga dentro de la columna [4]	Parada producción [1]	Mantenimiento anual [1] Sobredimensionamiento de la columna [3]	0
		Fallo de la válvula de entrada [1]	Mayor caudal de destilado [1] Variación de composiciones de salida [1] Parada producción [1]	Mantenimiento anual [1]	0

Tabla 13. Análisis HAZOP de los absorbedores.

		Planta de Óxido de Etileno	Análisis HAZOP – Absorbedor	Aprobado por: Dirección Técnica	Fecha: 10/05/20
		A-301, A-201, A-401			
Perturbación	Palabra Guía	Causas [F]	Consecuencias [C]	Salvaguarda y acciones [SV y VA]	Valor Residual
Caudal de absorbente	NO	Fallo en la válvula [4]	Contaminación de CO ₂ en el alimento del reactor [1] Desactivación del catalizador [1] Parada de la producción [2] Aumento de la temperatura del reactor [2]	Mantenimiento anual [1] Alarmas de temperatura y presión [3] Válvulas de salida para evitar la contaminación [8]	0
		Obstrucción de la tubería [2]	Contaminación de CO ₂ en el alimento del reactor [1] Desactivación del catalizador [1] Parada de la producción [2] Aumento de la temperatura del reactor [2]	Mantenimiento anual [1] Válvulas de salida para evitar la contaminación [8]	0
		Fisura tubería [4]	Contaminación de CO ₂ en el alimento del reactor [1] Desactivación del catalizador [1]	Mantenimiento anual [1] Grosor de la tubería [3] Sobredimensionamiento [8]	0

	<p>Parada de la producción [1] Augmento de la temperatura del reactor [2] Fuga de líquido [2]</p>	<p>Válvulas de salida para evitar la contaminación [8]</p>	
<p>Fisura válvula [2]</p>	<p>Contaminación de CO₂ en el alimento del reactor [1] Desactivación del catalizador [1] Parada de la producción [1] Augmento de la temperatura del reactor [2] Fuga de líquido [2]</p>	<p>Mantenimiento anual [1] Válvulas de salida para evitar la contaminación [8]</p>	<p>0</p>
<p>Fallo del control de caudal [2]</p>	<p>Parada de la producción [1] Contaminación de CO₂ en el alimento del reactor [1] Desactivación del catalizador [1] Parada de la producción [1] Augmento de la temperatura del reactor [2]</p>	<p>Comprobación de funcionamiento anual [1] Válvulas de mantenimiento manuales [1]</p>	<p>2</p>
<p>Falta suministro [1]</p>	<p>Parada de la producción [1] Contaminación de CO₂ en el alimento del reactor [1] Desactivación del catalizador [1] Parada de la producción [1] Augmento de la temperatura del reactor [2]</p>	<p>N. P</p>	<p>2</p>

<p>Fallo válvula [2]</p>	<p>Parada de la producción [1] Contaminación de CO₂ en el alimento del reactor [1] Desactivación del catalizador [1] Parada de la producción [1] Aumento de la temperatura del reactor [2]</p>	<p>Comprobación de funcionamiento anual [1] Válvulas de mantenimiento manuales [1]</p>	<p>2</p>
<p>Fallo en la regeneración de aminas [3]</p>	<p>Parada de la producción [1] Contaminación de CO₂ en el alimento del reactor [1] Desactivación del catalizador [1] Parada de la producción [1] Aumento de la temperatura del reactor [2]</p>	<p>Sistemas de control en los equipos de regeneración [4]</p>	<p>4</p>
<p>Fallo en la bomba [4]</p>	<p>Parada de la producción [1] Contaminación de CO₂ en el alimento del reactor [1] Desactivación del catalizador [1] Parada de la producción [1] Aumento de la temperatura del reactor [2]</p>	<p>Bombas dobladas [1] Mantenimiento anual [1]</p>	<p>6</p>

MÁS	Fallo de válvula [2]	Sobrepresión en la columna [2] Fisura en la columna [4] Explosión [4] Ruptura del empackado [3] Inundación de la columna [2]	Mantenimiento anual [1] Válvulas manuales de salida [1] Control de nivel y presión [4] Válvulas de seguridad y alivio [8]	0
	Fallo del control de caudal [2]	Sobrepresión en la columna [2] Fisura en la columna [4] Explosión [4] Ruptura del empackado [3] Inundación de la columna [2]	Mantenimiento anual [1] Control de nivel y presión [4] Válvulas manuales de salida [1] Válvulas de seguridad y alivio [8]	0
	Fallo en la bomba [4]	Sobrepresión en la columna [2] Fisura en la columna [4] Explosión [4] Ruptura del empackado [3] Inundación de la columna [2]	Control de caudal [4] Mantenimiento anual [1] Válvulas manuales [1] Bombas dobladas [3] Válvulas de cierre de entrada de producto [4] Válvulas de seguridad y alivio [8]	0
	Fallo en el difusor de aminas [2]	Sobrepresión en la columna [2] Fisura en la columna [4] Explosión [4] Ruptura del empackado [3] Inundación de la columna [2]	Mantenimiento anual [1] Control de caudal [4]	3
MENOS	Fallo de válvula [1]	Concentración mayor de CO ₂ en la recirculación de reactivos. [2]	Mantenimiento anual [1]	1

		Disminución de la actividad del catalizador [1] Disminución de la producción [1]		
Fallo del control de caudal [2]		Concentración mayor de CO ₂ en la recirculación de reactivos. [2] Disminución de la actividad del catalizador [1] Disminución de la producción [1]	Mantenimiento anual [1] Control de nivel y presión [4]	0
Fallo de la bomba [4]		Concentración mayor de CO ₂ en la recirculación de reactivos. [2] Disminución de la actividad del catalizador [1] Disminución de la producción [1]	Se dobla la bomba [1] Mantenimiento anual [1]	6
Falta de suministro [1]		Concentración mayor de CO ₂ en la recirculación de reactivos. [2] Disminución de la actividad del catalizador [1] Disminución de la producción [1]	Reposición de las aminas [1]	1
Fisura tubería [4]		Concentración mayor de CO ₂ en la recirculación de reactivos. [2] Disminución de la actividad del catalizador [1]	Mantenimiento anual [1] Grosor de la tubería [3] Sobredimensionamiento [8]	0

			Disminución de la producción [1] Fuga de líquido [2]		
	INVERSO	Mala instalación de la bomba [1]	Contaminación del producto con aminas [2]	Prueba hidráulica en la puesta en marcha [8]	0
	PARTE DE	Fluido contaminado [4]	Formación subproductos [1] Disminución de la absorción de CO ₂ [1] Contaminación de la recirculación de alimento [2]	Toma de muestras [1] Parada de Limpieza [1]	6
		Variación de concentración [4]	Disminución la absorción de CO ₂ [1] Disminución de la actividad del catalizador [1] Disminución de la productividad [1]	Control de composición [2]	2
Caudal de absorbido	NO	Fallo de la bomba [4]	No hay absorción de CO ₂ los reactivos que no han reaccionado no se recirculan, menor producción. [1]	Mantenimiento anual [1]	3
		Fisura tubería [4]	No hay absorción de CO ₂ los reactivos que no han reaccionado no se recirculan, menor producción. [1] Fuga de gases [3]	Mantenimiento anual [1] Grosor de la tubería [3] Sobredimensionamiento [8]	0
		Fisura válvula [2]	No hay absorción de CO ₂ los reactivos que no han reaccionado no se recirculan, menor producción. [1] Fuga de gases [3]	Mantenimiento anual [1] Se doblan las válvulas [1]	4

	Fallo del control de caudal [2]	No hay absorción de CO ₂ los reactivos que no han reaccionado no se recirculan, menor producción. [1]	Mantenimiento anual [1]	1
MÁS	Fallo del compresor [4]	Sobrepresión en la columna [2] Explosión [4] No se absorbe todo el CO ₂ Augmento de la concentración de CO ₂ en la recirculación de reactivos, disminución de la actividad del reactor. [1]	Mantenimiento anual [1] Se dobla el compresor [1] Control de caudal [4] Válvulas de regulación a la salida y la entrada de la bomba [4] Válvulas de regulación en la entrada de la columna [4] Válvulas de seguridad y alivio [8]	0
	Fallo del control de caudal [2]	Sobrepresión en la columna [2]	Mantenimiento anual [1]	0

		Explosión [4] No se absorbe todo el CO ₂ Aumento de la concentración de CO ₂ en la recirculación de reactivos, disminución de la actividad del reactor. [1]	Válvulas manuales [1] Control de presión y nivel en la columna [4] Válvulas de seguridad y alivio [8]	
	Fallo de válvula [2]	Sobrepresión en la columna [2] Explosión [4] No se absorbe todo el CO ₂ Aumento de la concentración de CO ₂ en la recirculación de reactivos, disminución de la actividad del reactor. [1]	Mantenimiento anual [1] Control del compresor para regular el caudal [4] Válvulas manuales [1] Válvulas de seguridad y alivio [8]	0
MENOS	Fallo del compresor [4]	Menor caudal de recirculación de reactivos, disminuye la producción [1]	Mantenimiento anual [1] Se dobla el compresor [1]	2
	Fallo del control de caudal [2]	Menor caudal de recirculación de reactivos, disminuye la producción [1]	Mantenimiento anual [1]	1
	Fallo de válvula [2]	Menor caudal de recirculación de reactivos, disminuye la producción [1]	Mantenimiento anual [1]	1
	Fisura en la tubería [4]	Menor caudal de recirculación de reactivos, disminuye la producción [1] Fuga de gases [2]	Mantenimiento anual [1] Grosor de la tubería [3] Sobredimensionamiento [8]	0
	Fisura en la válvula [2]	Menor caudal de recirculación de reactivos, disminuye la producción [1]	Mantenimiento anual [1]	3

			Fuga de gases [2]		
	INVERSO	Mala instalación de la bomba [1]	Contaminación de los productos [2]	Prueba hidráulica [1] Válvulas antirretorno [4]	0
	PARTE DE	Contaminación [3]	Contaminación de los reactivos recirculados [1] Reacciones secundarias [2] Contaminación del producto [2]	Parada de planta [1] Mantenimiento de la planta [1] Control de composición [4]	0
Temperatura	MÁS	Disminución del caudal de refrigeración [2]	Augmento de la presión [4] Explosión [4]	Sobredimensionamiento de la columna [8] Control de temperatura y presión [4] Control de caudal [4]	0
		Condiciones climáticas extremas [3]	Augmento de la presión [4] Explosión [4]	Sobredimensionamiento de la columna [8] Control de temperatura y presión [4]	0
		Mayor temperatura de entrada del absorbente [2]	Augmento de la presión [4] Explosión [4]	Sobredimensionamiento de la columna [8] Control de temperatura y presión [4]	0
		Mayor temperatura de entrada del absorbido [2]	Augmento de la presión [4] Explosión [4]	Sobredimensionamiento de la columna [8] Control de temperatura y presión [4]	0

	Fallo del control de temperatura [2]	Augmento de la presión [4] Explosión [4]	Sobredimensionamiento de la columna [8] Mantenimiento anual [1]	0
	Mayor temperatura del caudal del refrigerante [2]	Augmento de la presión [4] Explosión [4]	Mantenimiento de la Controladores de caudal de refrigeración [4] Controladores de temperatura [4]	0
MENOS	Aumento de caudal de refrigeración [4]	Disminución de la absorción de CO ₂ [1] Augmento de la concentración de CO ₂ en el corriente de recirculación [1] Disminución de la actividad del catalizador [2] Disminución de la producción [1]	Controladores sobre el caudal de refrigeración [4] Mantenimiento de la planta [1]	3
	Disminución de la temperatura del caudal de absorbente o absorbido [4]	Disminución de la absorción de CO ₂ [1] Augmento de la concentración de CO ₂ en el corriente de recirculación [1] Disminución de la actividad del catalizador [2] Disminución de la producción [1]	Controladores sobre el caudal de refrigeración [4] Mantenimiento de la planta [1]	3
	Disminución de la temperatura del caudal de refrigeración [4]	Disminución de la absorción de CO ₂ [1]	Controladores sobre el caudal de refrigeración [4]	3

			<p>Augmento de la concentración de CO₂ en el corriente de recirculación [1] Disminución de la actividad del catalizador [2] Disminución de la producción [1]</p>	<p>Mantenimiento de la planta [1]</p>	
		Fallo del compresor o bomba [4]	<p>Disminución de la absorción de CO₂ [1] Augmento de la concentración de CO₂ en el corriente de recirculación [1] Disminución de la actividad del catalizador [2] Disminución de la producción [1]</p>	<p>Mantenimiento anual [1] Se doblan los equipos [1] Válvulas de control del caudal [4] Válvulas de control de temperatura [4] Válvulas de seguridad y alivio [8]</p>	0
Presión	MÁS	Aumento de caudal de absorbente o absorbido [5]	Disminución de la conversión [1]	<p>Control de caudal [4] Válvulas de seguridad y alivio [8]</p>	0.
		Fallo de válvula salida [2]	<p>Explosión [4] Ruptura de la columna [3] Ruptura del empaçado [3] Menor absorción de CO₂ [1]</p>	<p>Control de alimentación [4] Mantenimiento anual [1] Válvulas de seguridad y alivio [8]</p>	0
		Fallo de control [2]	<p>Explosión [4] Ruptura de la columna [3]</p>	<p>Mantenimiento anual [1] Alarmas de presión [4]</p>	0

		Ruptura del empackado [3] Menor absorción de CO ₂ [1]	Válvulas a la entrada y salida manuales [1] Válvulas de seguridad y alivio [8]	
	Fallo del compresor o bomba [2]	Explosión [4] Ruptura de la columna [3] Ruptura del empackado [3] Menor absorción de CO ₂ [1]	Mantenimiento anual [1] Equipos doblados [1] Control de caudal con válvulas [4] Válvulas de seguridad y alivio [8]	0
MENOS	Disminución de caudal de alimentación [5]	Disminución de la absorción de CO ₂ [1] Augmento de la concentración de CO ₂ en el corriente de recirculación [1] Disminución de la actividad del catalizador [2] Disminución de la producción [1]	Mantenimiento anual [1] Control de alimentación [4] Control de presión [4] Válvulas de seguridad y alivio [8]	0
	Fallo compresión o bomba [4]	Disminución de la absorción de CO ₂ [1] Augmento de la concentración de CO ₂ en el corriente de recirculación [1] Disminución de la actividad del catalizador [2]	Mantenimiento anual [1] Se doblan los equipos [1] Control de presión [4] Válvulas de seguridad y alivio [8]	0

			Disminución de la producción [1]		
		Fallo de válvulas [2]	Disminución de la absorción de CO ₂ [1] Aumento de la concentración de CO ₂ en el corriente de recirculación [1] Disminución de la actividad del catalizador [2] Disminución de la producción [1]	Mantenimiento anual [1] Válvulas manuales [1] Válvulas de seguridad y alivio [8]	0
Caudal de refrigeración	NO	Fallo de válvula [4]	Aumento de la presión [2] Aumento de la temperatura [2] Explosión [4]	Mantenimiento anual [1] Válvulas de mantenimiento manuales secundaria [1] Control de caudal [4] Control de presión y temperatura [4] Válvulas de seguridad y alivio [8]	0
		Fisura tubería [1]	Aumento de la presión [2] Aumento de la temperatura [2] Explosión [4] Inundación de la zona [3]	Mantenimiento anual [1] Grosor de la tubería [3] Sobredimensionamiento [8]	0
		Fisura válvula [2]	Aumento de la presión [2] Aumento de la temperatura [2]	Mantenimiento anual [1] Válvulas de mantenimiento manuales secundaria [1]	0

		Explosión [4] Fuga de agua [2]	Control de caudal [4] Control de presión y temperatura [4]	
	Fallo control de caudal [2]	Augmento de la presión [2] Augmento de la temperatura [2] Explosión [4]	Válvulas de mantenimiento manuales secundaria [1] Control de presión y temperatura [4] Mantenimiento anual [1]	2
MENOS	Fallo control de caudal [2]	Menor absorción de CO ₂ [1] Augmento de la presión y temperatura [2] Augmento de la concentración de CO ₂ en la recirculación de reactivos [2]	Válvulas de mantenimiento manuales secundaria [1] Control de presión y temperatura [4] Mantenimiento anual [1]	0
	Fallo de válvula [2]	Menor absorción de CO ₂ [1] Augmento de la presión y temperatura [2] Augmento de la concentración de CO ₂ en la recirculación de reactivos [2]	Mantenimiento anual [1] Válvulas de mantenimiento manuales secundaria [1] Control de caudal [4] Control de presión y temperatura [4]	0
	Fisura en la tubería [1]	Menor absorción de CO ₂ [1] Augmento de la presión y temperatura [2] Augmento de la concentración de CO ₂ en la recirculación de reactivos [2]	Mantenimiento anual [1] Grosor de la tubería [3] Sobredimensionamiento [8]	0

		Fuga de agua [1]		
	Fisura en la válvula [2]	Menor absorción de CO ₂ [1] Aumento de la presión y temperatura [2] Aumento de la concentración de CO ₂ en la recirculación de reactivos [2] Fuga de agua [1]	Mantenimiento anual [1] Válvulas de mantenimiento manuales secundaria [1]	2
MÁS	Fallo del control de caudal [2]	Menor absorción de CO ₂ [1] Aumento de la presión y temperatura [2] Aumento de la concentración de CO ₂ en la recirculación de reactivos [2]	Mantenimiento anual [1] Válvulas de mantenimiento manuales secundaria [1]	2
	Fallo de válvula [2]	Menor absorción de CO ₂ [1] Aumento de la presión y temperatura [2] Aumento de la concentración de CO ₂ en la recirculación de reactivos [2]	Mantenimiento anual [1] Válvulas de mantenimiento manuales secundaria [1]	2

	INVERSO	Mala instalación de la bomba [1]	Mal funcionamiento [2]	Prueba hidráulica [1]	1
	PARTE DE	Contaminación [3]	Incrustaciones en la tubería dando lugar a un mal intercambio de calor que produce un incremento de temperatura en la columna [2]	Parada de planta [1] Mantenimiento de la planta [1]	4

Tabla 14. Análisis HAZOP del Stripper.

		Planta de Óxido de Etileno	Análisis HAZOP – Stripper		Aprobado por: Dirección Técnica	Fecha: 10/05/20
		S-401				
Perturbación	Palabra Guía	Causas [F]	Consecuencias [C]	Salvaguarda y acciones [SV y VA]	Valor Residual	
Caudal de entrada	NO	Obstrucción de la tubería [1]	Parada de la producción [1]	Mantenimiento anual [1]	0	
		Fisura tubería [4]	Parada de la producción [1]	Mantenimiento anual [1] Grosor de la tubería [3]	0	
		Fisura válvula [2]	Parada de la producción [1]	Mantenimiento anual [1]	1	
		Fallo del control de caudal [2]	Parada de la producción [1]	Comprobación de funcionamiento anual [1]	1	
		Fallo válvula [1]	Parada de la producción [1]	Comprobación de funcionamiento anual [1]	0	
	MENOS	Obstrucción de la válvula de entrada [1]	Disminución en la separación de productos [1]	Mantenimiento anual [1]	0	
		Fallo en la válvula de entrada [1]	Disminución en la separación de productos [1]	Mantenimiento anual [1]	0	
		Fluido contaminado [4]	Formación subproductos [1]	Toma de muestras [1]	6	

			Mala separación del agua [1] Contaminación del producto [2]	Parada de Limpieza [1]	
	PARTE DE	Variación de concentración [4]	Disminución la absorción de CO ₂ [1] Disminución de la actividad del catalizador [1] Disminución de la productividad [1]	Control de composición [2]	2
Reflujo	NO	Obstrucción de la válvula de entrada [1]	Disminución de la composición de salida [1] Parada de la producción [1]	Mantenimiento anual [1]	0
		Fallo de válvula [2]	Disminución de la composición de salida [1] Parada de la producción [1]	Mantenimiento anual [1] Se dobla la válvula [1]	0
	MÁS	Temperatura superior a la esperada de entrada [2]	Menor caudal de producto [1] Riesgo de inundación de columna [2]	Calibración regular de la sonda de temperatura [2] Sobredimensionamiento de la columna [3]	0
		Obstrucción de la válvula de salida [1]	Menor caudal de producto [1] Riesgo de inundación de columna [2]	Mantenimiento anual [1] Sobredimensionamiento de la columna [3]	0
		Fallo de la válvula de salida [2]	Menor caudal de producto [1] Riesgo de inundación de columna [2]	Mantenimiento anual [1] Sobredimensionamiento de la columna [3]	0
	MENOS	Temperatura inferior a la esperada de entrada [2]	Mayor caudal de producto [1] Menor pureza del producto [1]	Mantenimiento anual [1]	1

		Fallo de la válvula de salida [2]	Mayor caudal de producto [1] Menor pureza del producto [1]	Mantenimiento anual [1]	1
Temperatura	MÁS	Fallo en el control de temperatura [3]	Mayor desgaste de tuberías y equipos [1] Cambio en las composiciones de salida [1] Parada de la producción [1]	Controles de seguridad [4] Mantenimiento anual [1]	0
		Aumento de la presión [3]	Cambio en las composiciones de salida [1] Parada de la producción [1]	Controles de seguridad [4] Mantenimiento anual [1] Sobredimensionamiento de la columna [3]	0
		Fallo en el reboiler [2]	Riesgo de explosión [4] Menor pureza del producto [3] Parada de la producción [1] Daño del equipo [3]	Controles de seguridad [4] Mantenimiento anual [1]	3
	MENOS	Fallo en el control de temperatura [3]	Riesgo de inundación parcial de columna [2] Variación de las condiciones de operación óptimas [1] Cambio en las composiciones de salida [1] Parada de la producción [1]	Controles de seguridad [4] Mantenimiento anual [1] Sobredimensionamiento de la columna [3]	0
		Fallo en el reboiler [2]	Menor caudal de producto [1] Parada de la producción [1]	Mantenimiento anual [1]	
Presión	MÁS	Aumento de la temperatura [3]	Mayor desgaste de tuberías y equipos [1] Cambio en las composiciones de salida [1]	Controles de seguridad [4] Mantenimiento anual [1] Sobredimensionamiento de la columna [3]	0
		Fallo en el reboiler [2]	Variación de las condiciones de operación óptimas [1]	Mantenimiento anual [1]	6

		Daño del equipo [3] Parada de la producción [1]			
		Obstrucción en las válvulas de salida [1]	Parada de la producción [1]	Comprobación de funcionamiento anual [1]	0
		Fallo de la válvula de salida [2]	Parada de la producción [1]	Comprobación de funcionamiento anual [1]	1
	MENOS	Fallo en el control de temperatura [3]	Disminución de la temperatura [1] Disminución en la separación de productos [1] Deformación por formación de vacío [2] Riesgo de inundación parcial de columna [2] Parada producción [1]	Controles de seguridad [4] Mantenimiento anual [1] Sobredimensionamiento de la columna [3]	0
		Fuga dentro de la columna [4]	Parada producción [1]	Mantenimiento anual [1] Sobredimensionamiento de la columna [3]	0
		Fallo de la válvula de entrada [1]	Variación de composiciones de salida [1] Parada producción [1]	Mantenimiento anual [1]	0

Tabla 15. Análisis HAZOP del Tanque Flash.

		Planta de Óxido de Etileno	Análisis HAZOP – Tanque flash		Aprobado por: Dirección Técnica	Fecha: 10/05/20
		F-301				
Perturbación	Palabra Guía	Causas [F]	Consecuencias [C]	Salvaguarda y acciones [SV y VA]	Valor Residual	
Presión	MÁS	Obstrucción de la tubería de salida [3]	Parada de la planta [1] Separación no deseada [1] Inundación de tanque [1] Rotura del tanque [3]	Control de presión [4] Mantenimiento [1] Válvula de alivio [8]	0	
		Fallo de control de presión [2]	Parada de la planta [1] Separación no deseada [1] Rotura del tanque [3]	Mantenimiento [1] Válvula de alivio [8]	0	
	MENOS	Fallo de control de presión [2]	Parada de la planta [1] Separación no deseada [1]	Mantenimiento [1]	1	
		Fuga del tanque [2]	Parada de la planta [1] Riesgo toxico [4]	Mantenimiento [1] Sobredimensionamiento [3]	4	
Temperatura	MÁS	Condiciones climáticas [3]	Deformación de equipo [1] Separación no deseada [1] Rotura del tanque [3]	Material aislante [3] Sobredimensionamiento del tanque [3] Válvulas de alivio [8]	0	

		Aumento de temperatura del caudal de entrada [4]	Deformación de equipo [1] Separación no deseada [1]	Control de temperatura [4] Sobredimensionamiento [3]	0
		Foco de calor externo [2]	Deformación de equipo [1] Separación no deseada [1] Rotura del tanque [3]	Material aislante [3] Sobredimensionamiento del tanque [3] Válvulas de alivio [8]	0
	MENOS	Condiciones climáticas [3]	Deformación de equipo [1] Separación no deseada [1] Rotura del tanque [3]	Material aislante [3] Sobredimensionamiento del tanque [3]	3
		Disminución de temperatura del caudal de entrada [4]	Deformación de equipo [1] Separación no deseada [1]	Control de temperatura [4] Sobredimensionamiento [3]	0
Caudal	NO	Obstrucción de la tubería de entrada [3]	Parada de la planta [1]	Mantenimiento [1]	2
		Fallo válvula de entrada [2]	Parada de la planta [1]	Mantenimiento [1]	1
		Fallo de control de entrada [2]	Parada de la planta [1]	Mantenimiento [1]	1
	MENOS	Obstrucción total o parcial de la tubería de entrada [2]	Parada de la planta [1] Caída de presión [1] Separación no deseada [1]	Mantenimiento [1]	1
		Fallo de control de entrada [2]	Parada de la planta [1] Separación no deseada [1]	Mantenimiento [1]	1
		Incorrecto funcionamiento del equipo anterior [2]	Parada de la planta [1] Separación no deseada [1]	Mantenimiento [1]	1

Tabla 16. Análisis HAZOP de los intercambiadores.

		Planta de Óxido de Etileno	Análisis HAZOP - Intercambiador	Aprobado por: Dirección Técnica	Fecha: 10/05/20
		E-101, E-201, E-202, C-201, E-301, E-302, E-303, E-304, E-401, E-402, E-403, E-404, E-405			
Perturbación	Palabra Guía	Causas [F]	Consecuencias [C]	Salvaguada y acciones [SV y VA]	Valor Residual
Caudal de tubos	NO	Fallo del compresor o bomba [4]	Parada de producción [1]	Doblaje de bomba o compresor [1] Mantenimiento anual [1] Control del compresor o bomba [4]	0
		Obstrucción de la tubería [1]	Parada de la producción [1]	Mantenimiento anual [1]	0
		Fisura tubería [4]	Parada de la producción [1] Fuga de gas [3]	Mantenimiento anual [1] Grosor de la tubería [3] Sobredimensionamiento [8]	0
		Fisura válvula [2]	Parada de la producción [1] Fuga de gas [3]	Mantenimiento anual [1]	5
		Fallo del control de caudal [2]	Parada de la producción [1]	Comprobación de funcionamiento anual [1]	1
		Falta suministro [1]	Parada de la producción [1]	N.P.	1
		Fallo válvula [1]	Parada de la producción [1]	Comprobación de funcionamiento anual [1]	0

MÁS	Fallo de válvula [1]	No se obtiene la temperatura de trabajo [4] Daño al equipo [4]	Mantenimiento anual [1] Control del intercambiador [4]	0
	Fallo del control de caudal [2]	No se obtiene la temperatura de trabajo [4] Daño al equipo [4]	Comprobación de funcionamiento anual [1] Control del intercambiador [4]	3
	Fallo de compresor o bomba [4]	No se obtiene la temperatura de trabajo [4] Daño al equipo [4]	Doblaje de bomba o compresor [1] Mantenimiento anual [1] Control del intercambiador [4] Control del compresor o bomba [4]	6
MENOS	Fallo de válvula [1]	No se obtiene la temperatura de trabajo [4] Disminución de la producción [1] Daño al equipo [4]	Mantenimiento anual [1] Control del intercambiador [4]	1
	Fallo del control de caudal [2]	No se obtiene la temperatura de trabajo [4] Disminución de la producción [1] Daño al equipo [4]	Mantenimiento anual [1] Control del intercambiador [4]	5
	Fallo de compresor o bomba [4]	No se obtiene la temperatura de trabajo [4] Disminución de la producción [1]	Doblaje de bomba o compresor [1] Mantenimiento anual [1]	6

		Daño al equipo [4]	Control del intercambiador [4] Control del compresor o bomba [4]	
	Falta de suministro [1]	No se obtiene la temperatura de trabajo [4] Disminución de la producción [1] Daño al equipo [4]	Control del intercambiador [4]	0
	Fisura tubería [4]	Parada de la producción [1] Fuga de gas [3] No se obtiene la temperatura de trabajo [4] Daño al equipo [4]	Mantenimiento anual [1] Grosor de la tubería [3] Sobredimensionamiento [8] Control del intercambiador [4]	0
INVERSO	Fisura en la tubería de entrada [4]	Parada de la producción [1] Fuga de gas [3] Al pasar a paralelo el intercambiador no es tan eficaz. Riesgo de daños en equipo [4]	Mantenimiento anual [1] Grosor de la tubería [3] Sobredimensionamiento [8] Válvula antirretorno [3]	0
PARTE DE	Fluido contaminado [3]	Acumulación de suciedad. Riesgo de obstrucción [3] Propiedades del fluido diferentes, intercambiador pierde eficaz [3] Corrosión del equipo [3]	Control del intercambiador [4] Mantenimiento anual [1]	4
	Variación de concentración [3]		Control del intercambiador [4]	5

			Propiedades del fluido diferentes, intercambiador pierde eficacia [3]		
Caudal de carcasa	NO	Fallo de la bomba [4]	Imposible controlar temperatura [4] Parada de planta [1]	Mantenimiento anual [1] Se dobla la bomba [1] Indicador de caudal [1] Control del compresor o bomba [4] Caudalímetro [4]	5
		Fisura tubería [4]	Imposible controlar temperatura [4] Parada de planta [1]	Caudalímetro [4] Mantenimiento anual [1] Grosor de la tubería [3] Sobredimensionamiento [8] Indicador de caudal [1]	3
		Fisura válvula [4]	Imposible controlar temperatura [4] Parada de planta [1]	Mantenimiento anual [1] Se dobla la válvulas [1] Indicador de caudal [1] Caudalímetro [4]	9
		Fallo del caudalímetro [2]	Imposible controlar temperatura [4] Parada de planta [1]	Mantenimiento anual [1] Indicador de caudal [1]	6

MÁS	Fallo de la bomba [4]	Se aporta o extrae demasiada energía [4]	Mantenimiento anual [1] Se dobla la bomba [1] Control del compresor o bomba [4] Caudalímetro [4] Indicador de caudal [1] Control del intercambiador [4]	1
	Fallo del caudalímetro [2]	Se aporta o extrae demasiada energía [4]	Mantenimiento anual [1] Indicador de caudal [1] Control del intercambiador [4]	2
	Fallo de válvula [2]	Se aporta o extrae demasiada energía [4]	Mantenimiento anual [1] Se dobla la válvula [1] Caudalímetro [4] Indicador de caudal [1] Control del intercambiador [4]	0
MENOS	Fallo de la bomba [4]	Se aporta o extrae demasiada energía [4]	Caudalímetro [4] Mantenimiento anual [1] Se dobla la bomba [1] Control del compresor o bomba [4] Control del intercambiador [4] Indicador de caudal [1]	1

		Fallo del control de caudal [2]	Se aporta o extrae demasiada energía [4]	Caudalímetro [4] Mantenimiento anual [1] Indicador de caudal [1] Control del intercambiador [4]	0
		Fallo de válvula [2]	Se aporta o extrae demasiada energía [4]	Caudalímetro [4] Mantenimiento anual [1] Se dobla la válvula [1] Indicador de caudal [1] Control del intercambiador [4]	0
	INVERSO	Fisura en la tubería de entrada [4]	Inundación de la zona [3]	Parada de planta [1] Mantenimiento de la planta [1] Grosor de la tubería [3] Válvula antirretorno [2]	5
	PARTE DE	Contaminación [3]	Propiedades del fluido diferentes, intercambiador pierde eficacia [3]	Control del intercambiador [4] Mantenimiento de la planta [1]	4
Temperatura	MÁS	Condiciones climáticas extremas [3]	Temperatura de tubos y carcasa más elevadas [2]	Mantenimiento de la planta [1] Control del intercambiador [4]	1
		Mayor temperatura del caudal de alimentación [5]	Dificultades para alcanzar temperatura de trabajo [2]	Control del intercambiador [4]	6

		Mayor temperatura del caudal de carcasa [5]	Dificultades para alcanzar temperatura de trabajo [2]	Control del intercambiador [4]	6
	MENOS	Menor temperatura del caudal de alimentación [5]	Dificultades para alcanzar temperatura de trabajo [2]	Control del intercambiador [4]	6
		Menor temperatura del caudal de carcasa [5]	Dificultades para alcanzar temperatura de trabajo [2]	Control del intercambiador [4]	0
Presión	MÁS	Fallo compresión o bomba [4]	Daños en el equipo [4] Temperatura del alimento o del fluido de carcasa diferente a la de trabajo [3]	Mantenimiento anual [1] Se dobla la bomba o compresor [1] Control del intercambiador [4] Control del compresor o bomba [4]	6
		Mayor caudal de alimento [3]	Daños en el equipo [4]	Control del intercambiador [4] Mantenimiento anual [1] Caudalímetro [4]	3
	MENOS	Fallo compresión o bomba [4]	Temperatura del alimento o del fluido de carcasa diferente a la de trabajo [3]	Mantenimiento anual [1] Se dobla la bomba o compresor [1] Control del intercambiador [4] Control del compresor o bomba [4]	2

	Obstrucción de tubería [3]	Menor presión que la de trabajo [2]	Mantenimiento anual [1]	5
	Menor caudal de alimento [3]	Menor presión que la de trabajo [2]	Control del intercambiador [4] Mantenimiento anual [1] Caudalímetro [4]	0

Tabla 17. Análisis HAZOP de las bombas.

		Planta de Óxido de Etileno	Análisis HAZOP –Bombas		Aprobado por: Dirección Técnica	Fecha: 10/05/20
		P-401, P-402, P-301, P-201, P-501, P-502				
Perturbación	Palabra Guía	Causas [F]	Consecuencias [C]	Salvaguarda y acciones [SV y VA]	Valor Residual	
Presión	MÁS	Mal funcionamiento de la bomba [4]	Parada de planta [1] Rotura de tubería [3] Mal funcionamiento de algunos equipos [2] Disminución de los tiempos de residencia [2]	Doblado de bombas [1] Control de seguridad [4] Sobredimensionamiento de los equipos [3] Limitación de la bomba i/o corriente eléctrico [3] Mantenimiento [1]	0	
		Control de la bomba [2]	Parada de planta [1] Rotura de tubería [3] Mal funcionamiento de algunos equipos [2] Disminución de los tiempos de residencia [2]	Sobredimensionamiento de los equipos [3] Limitación de la bomba i/o corriente eléctrico [3] Mantenimiento [1]	0	
		Caudal de entrada con presión excesiva [2]	Parada de planta [1] Rotura de tubería [3] Mal funcionamiento de algunos equipos [2]	Control de seguridad [4] Sobredimensionamiento de los equipos [3] Limitación de la bomba i/o corriente eléctrico [3]	0	

			Disminución de los tiempos de residencia [2]	Mantenimiento [1]	
	MENOS	Mal funcionamiento de la bomba [4]	Parada de planta [1] Mal funcionamiento de algunos equipos [2] Aumento de los tiempos de residencia [2] Cavitación de la bomba [2]	Doblado de bombas [1] Control de presión [4] Mantenimiento [1]	2
		Control de la bomba [2]	Parada de planta [1] Mal funcionamiento de algunos equipos [2] Aumento de los tiempos de residencia [2]	Mantenimiento [1]	3
		Caudal de entrada con presión insuficiente [2]	Parada de planta [1] Mal funcionamiento de algunos equipos [2] Aumento de los tiempos de residencia [2] Vaporización del fluido [2] Cavitación de la bomba [2]	Control de presión [4] Mantenimiento [1]	0
		Fallo de suministro [2]	Mal funcionamiento de la bomba [1] Aumento de los tiempos de residencia [2]	Generador de electricidad [3] Mantenimiento [1]	0
Temperatura	MÁS	Mal funcionamiento de la bomba [4]	Parada de planta [1] Incendio [4] Vaporización del fluido [2] Cavitación de la bomba [2]	Doblado de bombas [1] Control de seguridad [4] Limitación de la bomba i/o corriente eléctrico [3] Mantenimiento [1] Directriz ATEX [8]	0

				Equipo contra incendio [3]	
		Aumento de temperatura caudal de entrada [2]	Parada de planta [1] Vaporización del fluido [2] Cavitación de la bomba [2]	Control de seguridad [4] Mantenimiento [1]	0
		Foco de calor externo [2]	Parada de planta [1] Incendio [4]	Equipos contraincendios [3] Directriz ATEX en la bomba [8]	0
	MENOS	Disminución de temperatura caudal de entrada [2]	Sin consecuencias graves [1] Mal funcionamiento de algunos equipos [2]	Control de seguridad [4]	0
Caudal	NO	Cierre de válvula manual [2]	Sin consecuencias graves [1]	Mantenimiento [1]	1
	INVERSO	Instalación incorrecta de la bomba [2]	No hay flujo [1] Parada de producción [1] Posibles daños a equipos [2]	Mantenimiento [1] Válvula antirretorno [3]	0
	MÁS	Mal funcionamiento del equipo anterior [2]	Bomba desbordada [2]	Bomba sobredimensionada [3] Caudalímetros autorregulados [3]	0
	MENOS	Mal funcionamiento del equipo anterior [2]	Sin consecuencias graves [1]	Bomba sobredimensionada [3] Caudalímetros autorregulados [3]	0

Electricidad	MÁS	Fallo en suministro eléctrico [2]	Sobrecalentamiento de la bomba [2] Incendio [4]	Fusible [3] Mantenimiento [1]	4
	MENOS	Fallo en suministro eléctrico [2]	Disminución del rendimiento de la bomba [1]	Generador de electricidad [3] Mantenimiento [1]	0
	NO	Fallo en suministro eléctrico [2]	Parada de planta [1] Interrupción de la producción [1]	Generador de electricidad [3] Mantenimiento [1]	0

Tabla 18. Análisis HAZOP de los compresores.

		Planta de Óxido de Etileno	Análisis HAZOP – Compresores		Aprobado por: Dirección Técnica	Fecha: 10/05/20
		K-101, K-102, K-103, K-201, K-301, K-401				
Perturbación	Palabra Guía	Causas [F]	Consecuencias [C]	Salvaguarda y acciones [SV y VA]	Valor Residual	
Presión	MÁS	Mal funcionamiento del compresor [4]	Parada de planta [1] Rotura de tubería [3] Mal funcionamiento de algunos equipos [2] Disminución de los tiempos de residencia [2] Explosión [4]	Doblado de compresores [1] Control de seguridad [4] Sobredimensionamiento de los equipos [3] Limitación del compresor i/o corriente eléctrica [3] Mantenimiento [1]	4	
		Control del compresor [2]	Parada de planta [1] Rotura de tubería [3] Mal funcionamiento de algunos equipos [2] Disminución de los tiempos de residencia [2] Explosión [4]	Sobredimensionamiento de los equipos [3] Limitación del compresor i/o corriente eléctrica [3] Mantenimiento [1]	1	
		Caudal de entrada con presión excesiva [2]	Parada de planta [1] Rotura de tubería [3]	Control de seguridad [4] Sobredimensionamiento de los equipos [3]	0	

			Mal funcionamiento de algunos equipos [2] Disminución de los tiempos de residencia [2] Explosión [4]	Limitación del compresor i/o corriente eléctrico [3] Mantenimiento [1]	
	MENOS	Mal funcionamiento del compresor [4]	Parada de planta [1] Mal funcionamiento de algunos equipos [2] Aumento de los tiempos de residencia [2]	Doblado de compresores [1] Control de presión [4] Mantenimiento [1]	2
		Control del compresor [2]	Parada de planta [1] Mal funcionamiento de algunos equipos [2] Aumento de los tiempos de residencia [2]	Mantenimiento [1]	3
		Caudal de entrada con presión insuficiente [2]	Parada de planta [1] Mal funcionamiento de algunos equipos [2] Aumento de los tiempos de residencia [2]	Control de presión [4] Mantenimiento [1]	0
		Fallo de suministro [2]	Mal funcionamiento del compresor [1] Aumento de los tiempos de residencia [2]	Generador de electricidad [3] Mantenimiento [1]	0
Temperatura	MÁS	Mal funcionamiento del compresor [4]	Parada de planta [1] Explosión [4] Sobrecalentamiento del fluido (auto ignición) [4]	Doblado de compresores [1] Control de seguridad [4] Limitación del compresor i/o corriente eléctrico [3] Mantenimiento [1]	0

				Directriz ATEX [8]	
		Aumento de temperatura caudal de entrada [2]	Parada de planta [1] Sobrecalentamiento del fluido (auto ignición) [4]	Control de seguridad [4] Mantenimiento [1]	3
		Foco de calor externo [2]	Parada de planta [1] Explosión [4] Sobrecalentamiento del fluido (auto ignición) [4]	Equipos contraincendios [3] Directriz ATEX en el compresor [8]	0
	MENOS	Disminución de temperatura caudal de entrada [2]	Licudo del fluido [2]	Control de seguridad [4]	0
Caudal	NO	Cierre de válvula manual [2]	Sin consecuencias graves [1]	Despido del operario [1]	1
	INVERSO	Instalación incorrecta del compresor [2]	No hay flujo [1] Parada de producción [1] Posibles daños a equipos [2]	Despido del operario [1] Válvula antirretorno [3]	0
	MÁS	Mal funcionamiento del equipo anterior [2]	Compresor desbordado [2]	Compresor sobredimensionado [3] caudalímetros autorregulados [3]	0
	MENOS	Mal funcionamiento del equipo anterior [2]	Sin consecuencias graves [1]	Compresor sobredimensionado [3] caudalímetros autorregulados [3]	0
Electricidad	MÁS	Fallo en suministro eléctrico [2]	Sobrecalentamiento del compresor [2] Incendio [4]	Fusible [3] Mantenimiento [1]	4

	MENOS	Fallo en suministro eléctrico [2]	Disminución del rendimiento del compresor [1]	Generador de electricidad [3] Mantenimiento [1]	0
	NO	Fallo en suministro eléctrico [2]	Parada de planta [1] Interrupción de la producción [1]	Generador de electricidad [3] Mantenimiento [1]	0

Tabla 19. Análisis HAZOP del tanque de óxido de etileno.

		Planta de Óxido de Etileno	Análisis HAZOP – Tanque Óxido de etileno		Aprobado por: Dirección Técnica	Fecha: 10/05/20
		T-501 a T-518				
Perturbación	Palabra Guía	Causas [F]	Consecuencias [C]	Salvaguarda y acciones [SV y VA]	Valor Residual	
Presión	MÁS	Obstrucción del caudal de venteo [3]	Rotura del tanque perdida de contención: Pérdida de producto, riesgo de intoxicación y medioambiental [4] Explosión [4] Deformación de equipo [1]	Varias válvulas de alivio [8] Mantenimiento [1] Control de nivel [4] Cubeto de retención [3] Tanque de dilución [3] Sobredimensionamiento del tanque [3]	0	
		Caudal irregular del sistema del bombeo o error humano de carga de OE [3]	Sobrellenado en el tanque Rotura del tanque perdida de contención: Pérdida de producto, riesgo de intoxicación y medioambiental [4] Deformación de equipo [1]	Varias válvulas de alivio [8] Mantenimiento [1] Control de nivel [4] Cubeto de retención [3] Tanque de dilución [3] Sobredimensionamiento del tanque [3]	0	

		<p>Sobrellenado en el tanque Rotura del tanque pérdida de contención: Pérdida de producto, riesgo de intoxicación y medioambiental [4] Deformación de equipo [1]</p>	<p>Varias válvulas de alivio [8] Mantenimiento [1] Control de seguridad [4] Cubeto de retención [3] Tanque de dilución [3] Sobredimensionamiento del tanque [3]</p>	0
MENOS	<p>Fuga a causa de rotura o fisura del tanque [2]</p>	<p>Riesgo de intoxicación [4] Riesgo de medio ambiental [3] Riesgo de incendio [4] BLEVE [3]</p>	<p>Sobredimensionamiento del tanque [3] Mantenimiento [1]</p>	0
	<p>Caudal irregular del sistema del bombeo o error humano de carga de OE [3]</p>	<p>Formación de vacío: Se vaporiza el producto [3] Deformación del tanque [1]</p>	<p>Control de presurización del tanque [4] Mantenimiento [1] Sobredimensionamiento del tanque [3]</p>	1
	<p>Caudal irregular del sistema del bombeo o error humano de carga de nitrógeno [3]</p>	<p>Carga inflamabilidad más alta [3] Formación de vacío: Se vaporiza el producto [3] Deformación del tanque [1]</p>	<p>Control de nivel del tanque [4] Sobredimensionamiento del tanque [3] Material aislante [3] Mantenimiento [1]</p>	0

		Fallo de la válvula de alivio [2]	Fuga del producto: Pérdida de producto, riesgo de intoxicación y medioambiental [4] BLEVE [3]	Mantenimiento [1] Control de presurización del tanque [2]	5
		Contracción térmica por condiciones climáticas [2]	Rotura del tanque pérdida de contención: Pérdida de producto, riesgo de intoxicación y medioambiental [4] Deformación de equipo [1]	Sobredimensionamiento del tanque [3] Material aislante [3] Controles de seguridad [4] Varias válvulas de alivio [8]	0
Temperatura	MÁS	Fallo en el control continuo de temperatura, error humano o fallo del lazo: Temperatura producto > T diseño [3]	Rotura del tanque y pérdida de contención: Pérdida de producto, riesgo de intoxicación y medioambiental [4] Pérdidas de producto y paralización leve de producción [2]	Mantenimiento [1] Controles de seguridad [4] Varias válvulas de alivio [8]	0
		Fallo en el control continuo de temperatura, error humano o fallo del lazo: Aumento de volumen debido a aumento de temperatura (dilatación térmica). [3]	Sobrellenado del tanque produciendo una fuga [4]	Mantenimiento [1] Controles de seguridad [4] Varias válvulas de alivio [8] Sobredimensionamiento del tanque [3]	0

	Incendio exterior [2]	Rotura del tanque pérdida de contención: Pérdida de producto, riesgo de intoxicación y medioambiental [4] Explosión [4] Incendio [4] Deformación de equipo [1]	Equipo contra incendios [1] Material aislante [3] Sobredimensionamiento del tanque [3]	1
	Condiciones climáticas [3]	Rotura del tanque pérdida de contención: Pérdida de producto, riesgo de intoxicación y medioambiental [4] Deformación de equipo [1]	Material aislante [3] Sobredimensionamiento del tanque [3] Varias válvulas de alivio [8]	0
	Fuente de calor a causa de un sistema eléctrico del control [2]	Sin consecuencias graves [1]	Material aislante [3] Sobredimensionamiento del tanque [3] Equipos ATEX [3]	0
MENOS	Fallo en el control continuo de temperatura, error humano o fallo del lazo: Temperatura producto < T diseño [3]	Rotura del tanque y pérdida de contención: Pérdida de producto, riesgo de intoxicación y medioambiental [4]	Mantenimiento [1] Controles de seguridad [4] Varias válvulas de alivio [8]	0

			Pérdidas de producto y paralización leve de producción [1]		
		Condiciones climáticas [3]	Rotura del tanque perdida de contención: Pérdida de producto, riesgo de intoxicación y medioambiental [4] Deformación de equipo [1]	Sobredimensionamiento del tanque [3] Material aislante [3] Mantenimiento [1]	5
Fallos de servicio	NO	Fallo en suministro de electricidad [3]	Aplica todos los fallos mencionados sobre el control (temperatura, nivel, presión, caudal) [2]	Generadores secundarios [3] Mantenimiento del sistema eléctrico [1]	2
		Fallo en suministro de nitrógeno [3]	Carga inflamabilidad más alta [3]	Control de alimentación [2] Control de seguridad [4]	3
Composición	PARTE DE	Contaminación con agua de lluvia por fisura en tanque [2]	Sin consecuencias graves para producción [1]	Sobredimensionamiento del tanque [3] Mantenimiento [1]	0
Nivel	MÁS	Llenado excesivo de óxido de etileno [2]	Explosión [4] Carga inflamabilidad más alta [3]	Control de nivel [4] Control de seguridad [4] Sobredimensionamiento del tanque [3]	0

		Fallo control de nivel [2]	Sobrepresión y aumento de temperatura [2] Vaporización de producto [3]	Control de seguridad [4] Sobredimensionamiento del tanque [3]	0
	MENOS	Gasto de nitrógeno [2]	Sin consecuencias graves para producción [1]	Control de nivel [4]	0

5.8. Señalización

Ante la imposibilidad de reducir el riesgo o eliminarlo de forma completa, se necesita el uso de la señalización de peligros como medida preventiva aparte de realizar la formación debida a los trabajadores.

La señalización tiene como objetivo principal informar de la existencia de un riesgo y orientar a los trabajadores sobre las normas de comportamiento que deben tener en cuenta, así como facilitar la identificación y localización de los medios o instalaciones de protección, evacuación, sistemas de emergencia y primeros auxilios.

El **Real Decreto 485/1997** [15] recoge toda la información relativa a los mínimos exigidos en materia de señalización y salud en el trabajo. Concretamente, establece las disposiciones mínimas para la señalización de seguridad y salud en el área de trabajo. Este decreto determina la descripción, tanto en color como en forma, de las señales indispensables para informar de una forma clara y concisa.

5.8.1. Colores de seguridad

La señalización de las correspondientes medidas de seguridad tiene un color y forma específico en función del significado. Los colores pueden ser por sí solos una señal que informa de peligro o ser parte de otra señal.

A continuación, se explican en la **Tabla 20** los colores de seguridad, su significado y otras indicaciones sobre su uso:

Tabla 20. Definición de los colores de Seguridad y otras indicaciones.

Color	Significado	Otras indicaciones
Rojo	Señal de prohibición	Comportamiento peligroso
	Peligro - Alarma	Parada, desconexión de emergencia y evacuación
	Material contra incendios	Identificación y localización
Amarillo / Amarillo anaranjado	Señal de advertencia	Atención y precaución
Azul	Señal de obligación	Comportamiento y/o acción específica. Obligación de utilizar un equipo de protección individual (EPI)
Verde	Señal de salvamiento o auxilio	Puertas, salidas de emergencia, material o puestos de salvamiento o socorro
	Situación de seguridad	Vuelta a la normalidad

Si es necesario, se utilizará un color de contraste para resaltar el color de la señalización y hacer más sencilla la percepción de la señal. A continuación, se muestra la **Tabla 21** con los colores de contraste:

Tabla 21. Colores de contraste.

Color de seguridad	Color de contraste
Rojo	Blanco
Amarillo / Amarillo anaranjado	Negro
Azul	Blanco
Verde	Blanco

5.8.2. Señales en forma de panel

Para las señales en forma de panel se utilizarán pictogramas para transmitir el mensaje. Estos pictogramas deberán ser lo más sencillos posible, para facilitar la comprensión. Además, estarán hecho de un material resistentes a los golpes e inclemencias meteorológicas. Estas señales también deberán cumplir unas dimensiones y características de color determinadas y se instalarán a una posición y altura adecuada con relación al ángulo visual para ser fácilmente visibles.

La forma de la señal también dependerá de su objetivo. Con relación a esto se encontrarán los siguientes tipos de señales: de forma triangular, forma circular y aquellos de forma rectangular o cuadrada.

Señales de advertencia: Se usará la forma triangular y serán de fondo amarillo con el pictograma negro **Figura 15**.

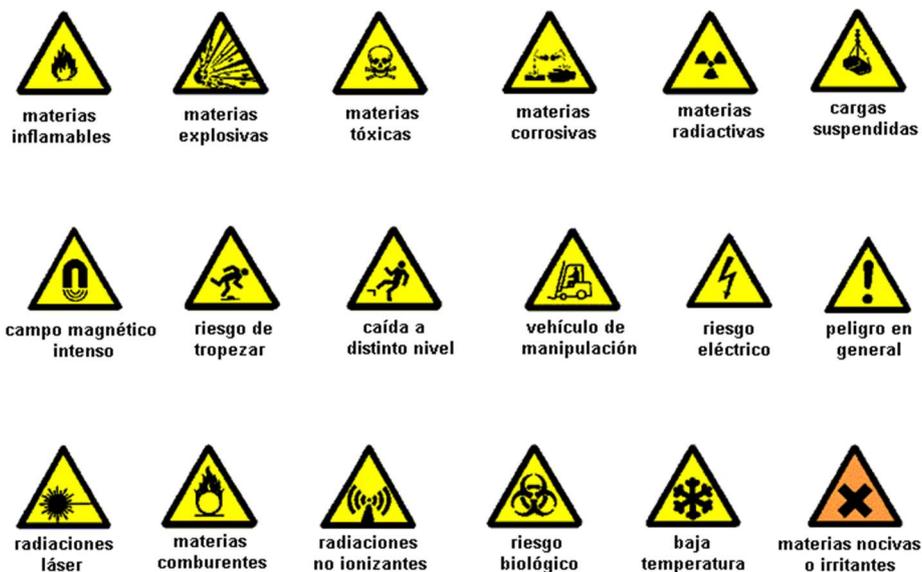


Figura 15. Señales triangulares de advertencia.

Señales de prohibición y obligación: Las señales circulares son las usadas para denotar prohibición y obligación. Si la señal es blanca con una banda transversal roja es de prohibición, mientras que si el pictograma es blanco con el fondo azul es obligación **Figura 16** y **Figura 17**.



Figura 16. Señales circulares de prohibición.



Figura 17. Señales circulares de obligación.

Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios y a salvamento o socorro: Las señales cuadradas y rectangulares igual que las señales circulares tienen dos usos, para identificar los elementos contra incendios, donde el pictograma es blanco sobre un fondo rojo (el color rojo deberá cubrir al menos un 50% de la superficie de la señal). (Ver **Figura 18**)

Por otro lado, las señales referentes a socorro o de salvamento tienen el pictograma blanco, pero el fondo cambia a verde ver **Figura 19**.



Figura 18. Señales contra incendios.



Figura 19. Señales de salvamento o socorro.

5.8.3. Señales luminosas y acústicas

Las señales luminosas y acústicas indican la necesidad de realizar una acción, por ejemplo, una situación de riesgo por confinamiento, o evacuación de emergencia. A continuación, se muestran las características de cada una de ellas:

Características de las señales luminosas:

- La luz producida por la señal debe provocar un contraste luminoso adecuado para asegurar su percepción sin llegar a deslumbrar.
- Las señales luminosas que se utilizan para situaciones de peligro grave deben someterse a revisiones especiales, o llevar una bombilla auxiliar de emergencia.

Características de las señales acústicas:

- La señal acústica debe ser claramente audible, sin llegar a ser molesta. En casos dónde el ruido ambiental sea demasiado intenso se utilizará otro tipo de señal.
- No se utilizará más de una señal acústica simultáneamente.
- El sonido de las señales de evacuación deberá ser constante.

5.9. Carga, descarga y transporte

La operación de llenado de camiones cisterna u otro tipo de contenedores con una sustancia peligrosa, como es el óxido de etileno, siempre supone un riesgo potencial. Por lo tanto, es de suma importancia que las instalaciones de llenado y el equipo de transporte estén correctamente diseñados y que se utilicen y mantengan de la forma apropiada.

5.9.1. Carga y descarga

El óxido de etileno es un gas a temperatura ambiente muy inflamable, con un límite de inflamabilidad en aire de aproximadamente 3%, y de elevada toxicidad a los ojos y piel. Por eso, las estaciones de carga y descarga deben cumplir las normas establecidas por la ITC MIE APQ-1 para líquidos inflamables y la ITC MIE APQ-2 [8] para el óxido de etileno en recipientes fijos.

La ITC MIE APQ-1 establece que:

“La plataforma en la que se estacionarán los vehículos para la carga y descarga tendrá una pendiente hacia los sumideros de evacuación, de forma que cualquier derrame accidental fluya rápidamente hacia ellos. El sumidero se conectará con la red de aguas contaminadas a un recipiente o balsa de recogida de capacidad suficiente para contener el presumible derrame. La pendiente y configuración de la plataforma será tal que, si existiese una instalación de agua pulverizada, ésta se recoja en los citados sumideros, pasando a una conducción con diámetro y pendiente adecuados para dicho caudal, así como con cierre sifónico, de modo que no escapen gases.”

Además, en la ITC MIE APQ-2 se determina que todos los drenajes de óxido de etileno se tendrán que recoger y diluir con agua para garantizar valores de concentraciones pequeños y evitar la creación de atmósferas explosivas.

Para el trasvase de óxido de etileno de los tanques de almacenaje a los camiones cisterna se debe seguir el proceso determinado en el artículo 22 de la ITC-APQ-2.

Debido al riesgo potencial de estas actividades, es importante que las instalaciones estén correctamente diseñadas y construidas, y que se usen y mantengan de manera adecuada. Para ello se han seguido las directrices para la distribución de óxido de etileno de Petrochemicals europe [16].

En las operaciones de carga y descarga se utilizarán acoples secos con código selectivo para el óxido de etileno (estándar NATO 3756) según el estándar europeo (fase líquida: 3 pulgadas código selectivo 3-4; fase gas: 2 pulgadas código selectivo V; junta: Chemraz 505) [17] como el que se muestra a continuación en la **Figura 20**:



Figura 20. Acoplador de desconexión en seco que cumple con NATO 3756.

Además, para estas operaciones, los operarios deben disponer de la ropa protectora y el equipo de emergencia necesarios. Además, se debe formar al personal sobre el uso correcto de la ropa y el equipo.

5.9.2. Transporte

La señalización estándar para el transporte de sustancias consiste en un panel naranja, rectangular y reflectante, este panel está dividido en dos mitades, una inferior y otra superior como el que se muestra a continuación en la **Figura 21**:

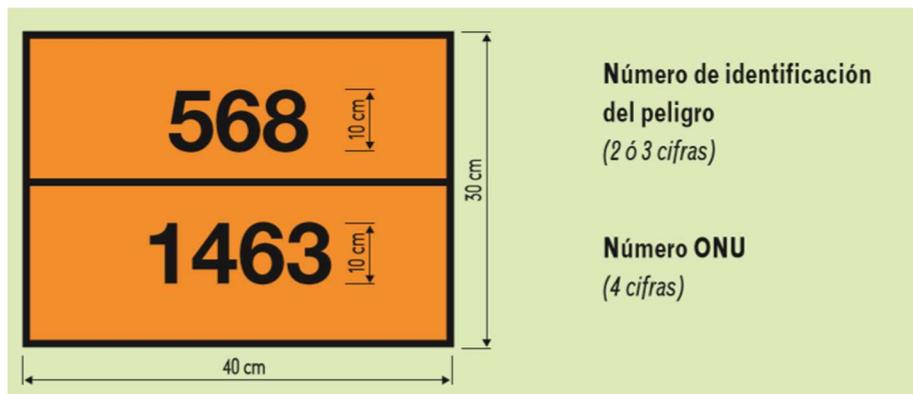


Figura 21. Panel de identificación de sustancias peligrosas.

En la parte superior, hay un número compuesto por dos o tres cifras en color para identificar el peligro. Cada cifra indica una información sobre el producto que se transporta, la primera cifra indicará el peligro principal de la sustancia y los dos siguientes indicarán peligros secundarios.

En la parte inferior, se encuentra un número de identificación de la sustancia llamado Nº ONU. Consiste en un número de cuatro cifras que identifica las sustancias extraído del Reglamento Tipo de la ONU en el marco del transporte internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR).

En el caso del óxido de etileno la señal tendría en la parte superior los números 263 que indican los siguientes peligros: Emanación de gases resultantes de presión o de una reacción química, toxicidad o peligro de infección y inflamabilidad de materias líquidas y gases. En la inferior el número ONU que le corresponde, el 1040.

Además, el transportista es responsable de transportar de una forma segura el óxido de etileno de un punto a otro. Para ello se debe cumplir toda la reglamentación nacional e internacional aplicable al óxido de etileno.

De acuerdo con esta normativa, debe prestarse especial atención a la elección de la ruta. Dentro de lo posible, la ruta debe: utilizar autopistas y evitar zonas pobladas.

Para evitar accidentes durante el transporte de óxido de etileno por carretera, el conductor deberá cada 4 horas comprobar la presión y la temperatura del contenido de la cisterna, y registrar dichos valores en un cuaderno de verificación.

5.10. Equipos de protección individual (EPIs)

Un EPI se define en el Real Decreto 773/1997 [18] como: todo equipo propuesto a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan poner en peligro su seguridad o salud en su puesto laboral, además de cualquier otro accesorio o complemento designado a dicho fin.

5.10.1 Normativa de las EPIs

Los equipos de protección individuales están sometidos a “un doble margo legal”:

- Desde la óptica de la seguridad y salud en el trabajo → **Real Decreto 773/1997** [18]: establece las disposiciones mínimas para garantizar una protección adecuada del trabajador durante su utilización.
- Desde el punto de vista de la seguridad del producto → **Real Decreto 1407/1992** [19]: establece los requisitos que deben cumplir los EPI, desde su diseño y fabricación hasta su comercialización, con el fin de garantizar la salud y la seguridad de los usuarios.

5.10.2. EPIs en la planta

Los EPIs se utilizarán en función de la gravedad de los riesgos que deben proteger en cada situación. Estos equipos se utilizarán cuando los riesgos no se puedan evitar o limitar a través de medios técnicos de protección colectiva y se escogerán los equipos que reúnan mejor las características buscadas.

Además, para facilitar la sustitución de estos equipos es necesario crear un archivo que recopile datos como: data de fabricación, data de adquisición, condiciones de uso, etc.

Los diferentes EPIs que se van a usar son:

- Protectores de cabeza: Se debe utilizar casco (elemento que se coloca encima de la cabeza) con la finalidad de protegerlo de impactos. Este casco deberá tener como mínimo un arnés y una carcasa, además de estar bien identificado y etiquetado.

- Protección de las vías respiratorias: para este tipo de equipos es necesario distinguir entre si se respira aire del medio ambiente o aire independiente del de la atmosfera; en el primer caso se requiere un equipo filtrante para retener las impurezas presentes en el aire, en el segundo caso se requiere un equipo semiautónomo o autónomo.
- Protección auditiva: hay diferentes equipos para proteger las orejas, como son los protectores que cubren totalmente el pabellón auditivo o los tapones que se introducen al canal externo auditivo. Todos tienen la misma utilidad, sin embargo, varían la comodidad del trabajador
- Protección de cara y ojos: estos elementos son necesarios cuando haya riesgo de proyección de partículas, básicamente existen en función de los tipos de protección ocular: gafas con montura universal, gafas con montura integral, pantallas faciales, etc.
- Protección de pies y piernas: todo el personal que trabaje la zona de producción deberá llevar calzado de seguridad con la finalidad de protegerles de cualquier golpe o caída de objetos.
- Protección de manos y brazos: las manos son la parte del cuerpo más propensa a sufrir heridas o lesiones en el momento de la manipulación de elementos, por lo tanto, se requiere el uso de guantes homologados que las protejan. Es necesario realizar un análisis previo al riesgo con la finalidad de escoger el elemento de protección más adecuado.

5.10.3. EPIs específicos para tratar con óxido de etileno

En todas las situaciones en las que pueda producirse una exposición al líquido o vapor de óxido de etileno, se debe utilizar el equipo de protección personal adecuado. Como mínimo, debe usarse lo siguiente:

- a) Protección ocular: gafas de seguridad resistentes al ataque químico.
- b) Guantes adecuados para óxido de etileno.
- c) Dispositivo adecuado de protección respiratoria (equipo de aire comprimido/oxígeno o filtro AX).

Según las circunstancias, también debe considerarse el uso de trajes y botas protectoras.

En caso de fuga o vertido de óxido de etileno se tienen que tomar las siguientes precauciones:

- Usar traje protector de cuerpo entero resistente al óxido de etileno y guantes tipo gauntlet de caucho de butilo.
- Botas de seguridad y equipo homologado de respiración con presión positiva.
- Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada, preferiblemente bajo una ducha o rociado con agua mediante una manguera contraincendios.
- Destruir la ropa, zapatos y prendas de cuero contaminados.

Debe tenerse en cuenta que muchos materiales de uso común son permeables o no son resistentes al óxido de etileno. Se ha descubierto que el mayor grado de protección lo proporciona el caucho butílico. El neopreno y el caucho natural también pueden usarse en la vestimenta protectora, pero pueden no ser estancos al vapor, especialmente después de un uso continuado. El óxido de etileno líquido penetra en el cuero; el PVC y el caucho de nitrilo ofrecen una resistencia muy limitada. En consecuencia, estos materiales no deben utilizarse como protección contra el óxido de etileno en forma de líquido o vapor.

Debe evitarse el uso de calzado de cuero, PVC o caucho de nitrilo. Si el óxido de etileno penetra estos materiales, pueden producirse quemaduras retardadas en la piel. Antes de adquirir un equipo de protección individual, es necesario obtener la confirmación formal del fabricante del EPI de que dicho equipo es resistente al uso de óxido de etileno (incluido el tiempo de penetración / degradación).

Todos los guantes utilizados deberán eliminarse tras el contacto con óxido de etileno líquido o vapor. También, toda prenda de cuero que haya estado en contacto con el óxido de etileno debe eliminarse inmediatamente, dada la imposibilidad de su descontaminación.

5.11. Protección contra incendios y sus elementos actuadores

5.11.1 Antecedentes

La firma **OXESA** tiene en la C/Argó, 123 del Polígono Industrial Gasos Nobles de la población de la Canonja, una planta dedicada a la fabricación de Óxido de Etileno.

La planta dispone de la licencia de Actividad para el total de sus instalaciones, según el siguiente expediente municipal:

1/86 a nombre de **OXESA**

Acta de comprobación 15/06/2020

Dentro del marco de la Ley 3/1998, la planta de la firma **OXESA** está clasificada, según los anexos del Real Decreto 143/2003 [20], de la siguiente manera:

Anexo I:

5.1.b Instalaciones químicas para la fabricación de productos químicos orgánicos de base, en particular hidrocarburos oxigenados (anhídridos, alcoholes, cetonas, ésteres y epóxidos).

12.1 Actividades e instalaciones afectadas por la normativa sobre prevención de accidentes mayores.

5.11.2. Objeto

En cumplimiento de lo que dispone el real decreto 50/2005, que despliega la Ley 4/2004, reguladora del proceso de adecuación de las actividades existentes de la Ley 3/98, y ya que es el interés de la planta de la firma **OXESA** adecuarse a la ley 3/98 mediante la presentación de una Evaluación Ambiental verificada, esta última deberá acompañarse de la correspondiente en materia de prevención de incendios.

Considerando los tres supuestos de tramitación simplificada para la adecuación en materia de prevención de incendios, podemos concluir que la planta de la firma **OXESA** está incluida en la premisa 2 ya que:

- Dispone de Licencia Municipal de Actividad
- Dispone de la Certificación favorable en materia de condiciones de seguridad contra incendios
- Ha realizado modificaciones no significativas en materia de protección de incendios, no incluidas en la licencia de actividad.

Por todo lo enunciado, es el objeto de esta Memoria Técnica la descripción de las citadas modificaciones no significativas, de manera que, juntamente con el documento de evaluación ambiental, el trámite de adecuación a la ley 3/98.

5.11.3 Normativa de referencia

El presente informe se basa en la siguiente normativa de carácter estatal:

- Real Decreto 2267/2004 [21], por el que se aprueba el reglamento sobre protección contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 513/2017 [22] por el que se aprueba el reglamento sobre instalaciones de protección contra incendios.
- Real Decreto 656/2017, por el que se aprueba el reglamento sobre almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas reglamentarias, en concreto, la ITC-MIE-APQ-10 [8] , sobre almacenamiento de recipientes móviles.
- Código Técnico de la Edificación: Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo [23].

5.11.4. Datos generales

Datos de la empresa

Razón social: OXESA

N.I.F: A-06-345345

Término municipal: La Canonja

Provincia: Tarragona

NCP: 43110

Teléfono: 624154040

Fax: 93624154040

5.11.5. Descripción de las modificaciones

A continuación, se hará una relación de las modificaciones no significativas en materia de prevención de incendios que se han realizado en la planta de la firma **OXESA** respecto de las Licencias de Actividad vigentes.

Zona 100: Zona de materias primeras

Esta zona de la planta se ha hecho constar en la Licencia de Actividad de la planta de la firma OXESA, a continuación, describiremos la actual ordenación de la Planta de Sistemas y definiremos las prescripciones en materia de protección contra incendios en base al RD 2267/2004 [21].

Descripción

La zona de Materias Primas consta de un recinto, con la siguiente superficie:

Área = 275m²

Este sector conforma un único sector de incendio, del cual vamos a calcular su carga de fuego para poder definir más adelante la protección contra incendios prescriptiva según el RD 2267/2004.

Zona 200: Zona de reacción

Esta zona de la planta se ha hecha constar en la Licencia de Actividad de la planta de la firma OXESA, a continuación, describiremos la actual ordenación de la Planta de Sistemas y definiremos las prescripciones en materia de protección contra incendios en base al RD 2267/2004 [21].

Descripción

La zona de reacción consta de un recinto, con la siguiente superficie:

Área = 612m²

Este sector conforma un único sector de incendio, del cual vamos a calcular su carga de fuego para poder definir más adelante la protección contra incendios prescriptiva según el RD 2267/2004.

Zona 300: Zona de tratamiento de gases

Esta zona de la planta se ha hecha constar en la Licencia de Actividad de la planta de la firma OXESA, a continuación, describiremos la actual ordenación de la Planta de Sistemas y definiremos las prescripciones en materia de protección contra incendios en base al RD 2267/2004.

Descripción

La zona de tratamiento de gases consta de un recinto, con la siguiente superficie:

Área = 352m²

Este sector conforma un único sector de incendio, del cual vamos a calcular su carga de fuego para poder definir más adelante la protección contra incendios prescriptiva según el RD 2267/2004 [21].

Zona 400: Zona de purificación

Esta zona de la planta se ha hecha constar en la Licencia de Actividad de la planta de la firma OXESA, a continuación, describiremos la actual ordenación de la zona de purificación y definiremos las prescripciones en materia de protección contra incendios en base al RD 2267/2004 [21].

Descripción

La zona de purificación consta de un recinto, con la siguiente superficie:

Área = 608m²

Este sector conforma un único sector de incendio, del cual vamos a calcular su carga de fuego para poder definir más adelante la protección contra incendios prescriptiva según el RD 2267/2004.

Zona 500: Zona de almacenaje de Óxido de Etileno

Esta zona de la planta se ha hecho constar en la Licencia de Actividad de la planta de la firma OXESA, a continuación, describiremos la actual ordenación de la zona de almacenaje y definiremos las prescripciones en materia de protección contra incendios en base al RD 2267/2004 [21].

Descripción

La zona de almacenaje de óxido de etileno consta de un recinto, con la siguiente superficie:

Área = 1750m²

Este sector conforma un único sector de incendio, del cual vamos a calcular su carga de fuego para poder definir más adelante la protección contra incendios prescriptiva según el RD 2267/2004.

Zona 600: Zona de Servicios

Esta zona de la planta se ha hecho constar en la Licencia de Actividad de la planta de la firma OXESA, a continuación, describiremos la actual ordenación de la zona de servicios y definiremos las prescripciones en materia de protección contra incendios en base al RD 2267/2004 [21].

Descripción

La zona de Servicios consta de un recinto, con la siguiente superficie

Área = 406m²

Este sector conforma un único sector de incendio, del cual vamos a calcular su carga de fuego para poder definir más adelante la protección contra incendios prescriptiva según el RD 2267/2004 [21].

Zona 700: Zona de Estación Depuradora de Aguas Residuales

Esta zona de la planta se ha hecho constar en la Licencia de Actividad de la planta de la firma OXESA, a continuación, describiremos la actual ordenación de la EDAR y definiremos las prescripciones en materia de protección contra incendios en base al RD 2267/2004 [21].

Descripción

La zona de la EDAR consta de un recinto, con la siguiente superficie:

Área = 1500m²

Este sector conforma un único sector de incendio, del cual vamos a calcular su carga de fuego para poder definir más adelante la protección contra incendios prescriptiva según el RD 2267/2004 [21].

Zona 800: Zona de mantenimiento

Esta zona de la planta se ha hecho constar en la Licencia de Actividad de la planta de la firma OXESA, a continuación, describiremos la actual ordenación de la zona de mantenimiento y definiremos las prescripciones en materia de protección contra incendios en base al RD 2267/2004 [21].

Descripción

La zona de mantenimiento consta de un recinto, con la siguiente superficie:

Área = 1036m²

Este sector conforma un único sector de incendio, del cual vamos a calcular su carga de fuego para poder definir más adelante la protección contra incendios prescriptiva según el RD 2267/2004 [21].

Zona 900: Zona de carga y descarga

Esta zona de la planta se ha hecho constar en la Licencia de Actividad de la planta de la firma OXESA, a continuación, describiremos la actual ordenación de la zona de carga y descarga y definiremos las prescripciones en materia de protección contra incendios en base al RD 2267/2004 [21].

Descripción

La zona de carga y descarga consta de un recinto, con la siguiente superficie:

Área = 1080m²

Este sector conforma un único sector de incendio, del cual vamos a calcular su carga de fuego para poder definir más adelante la protección contra incendios prescriptiva según el RD 2267/2004 [21].

Zona 1000: Zona de laboratorio de procesos

Esta zona de la planta se ha hecho constar en la Licencia de Actividad de la planta de la firma OXESA, a continuación, describiremos la actual ordenación de la zona de laboratorio de procesos y definiremos las prescripciones en materia de protección contra incendios en base al RD 2267/2004 [21].

Descripción

La Planta de Materias Primarias consta de un recinto, con la siguiente superficie:

Área = 341m²

Este sector conforma un único sector de incendio, del cual vamos a calcular su carga de fuego para poder definir más adelante la protección contra incendios prescriptiva según el RD 2267/2004 [21].

Zona 1100: Zona de oficinas

Esta zona de la planta se ha hecho constar en la Licencia de Actividad de la planta de la firma OXESA, a continuación, describiremos la actual ordenación de la zona de oficinas y definiremos las prescripciones en materia de protección contra incendios en base al RD 2267/2004 [21].

Descripción

La Planta de Materias Primarias consta de un recinto, con la siguiente superficie:

Área = 600m²

Este sector conforma un único sector de incendio, del cual vamos a calcular su carga de fuego para poder definir más adelante la protección contra incendios prescriptiva según el RD 2267/2004 [21].

5.11.6. Cálculo cargas de fuego

En primer lugar, realizaremos el cálculo de carga de fuego del sector, a partir del cual determinaremos el riesgo intrínseco de incendio y peligro potencial del mismo.

Se utilizarán las siguientes expresiones para calcular la carga de fuego ponderada y corregida, Q_s :

Ecuación 1. Cálculo de la Q_s para la carga de fuego.

$$Q_s = \frac{\sum(G_i \cdot q_i \cdot C_i)}{A} \cdot R_a$$

donde:

Q_s : Densidad de Carga de fuego del sector, ponderada y corregida [Mcal/m²].

G_i : Masa de cada uno de los combustibles que existen en el sector de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles) [kg].

q_i : Poder calorífico, de cada uno de los combustibles que existen en el sector de incendio [Mcal/kg].

C_i : Grado de peligrosidad de los productos almacenados en función de su punto de inflamación.

R_a : Coeficiente de Riesgo de Activación en función de la actividad que se realiza en el edificio. (Se tomará la de la actividad más desfavorable, siempre que dicha actividad ocupe, al menos, el 10% de la superficie del sector).

A : Superficie construida del sector de incendio [m²].

a) Para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier distinta al almacenamiento:

Ecuación 2. Cálculo de la Q_s para actividades distintas al almacenamiento.

$$Q_s = \frac{\sum(q_{si} \cdot S_i \cdot C_i)}{A} \cdot R_a$$

donde:

q_{si} : Densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio [Mcal/m²].

S_i : Superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego, **q_{si}** , diferente [m].

b) Para actividades de almacenamiento:

Ecuación 3. Cálculo de la Qs para actividades de almacenamiento.

$$Q_s = \frac{\sum(q_{vi} \cdot C_i \cdot h_i \cdot S_i)}{A} \cdot R_a$$

donde:

qvi: Carga de fuego, aportada en m³ de cada zona con diferente tipo de almacenamiento existente en el sector de incendio [Mcal/m³].

hi: Altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles. [m]

Aplicando las ecuaciones y número de coeficientes según el BOE 303:

Aplicando la **Ecuación 1**, **Ecuación 2** o **Ecuación 3** según convenga, obtendremos el valor de carga de fuego para cada zona.

Zona de materias primas

Tabla 22. Variables obtenidas para el cálculo de la carga de fuego del sector de materias primas.

Actividad	Transporte de reactivos a zona de reacción
Superficie [m ²]	275
qsi [Mcal/kg]	312
Ci	1,6
Si	275
Total numerador [Mcal]	137280

En esta zona tenemos que:

$$Q = \frac{137280}{275} = 499 \text{ Mcal/m}^2$$

Como:

$$Q_m = 499 \text{ Mcal/m}^2$$

$$R_a = 2$$

la densidad de carga de fuego es:

$$Q_s = 499 \cdot 2 = 998 \frac{\text{Mcal}}{\text{m}^2}$$

Zona de reacción

Tabla 23. Variables obtenidas para el cálculo de la carga de fuego del sector de reacción.

Actividad	Reacción de formación óxido de etileno
Superficie [m2]	612
qsi [Mcal/kg]	552
Ci	1,6
Si	612
Total numerador [Mcal]	540518

En esta zona tenemos que:

$$Q = \frac{540518,4}{612} = 883 \text{ Mcal/m}^2$$

Como:

$$Qm = 883 \text{ Mcal/m}^2$$

$$Ra = 2$$

la densidad de carga de fuego es:

$$Qs = 883 \cdot 2 = 1766 \frac{\text{Mcal}}{\text{m}^2}$$

Zona de tratamiento de gases

Tabla 24. Variables obtenidas para el cálculo de la carga de fuego del sector de tratamiento de gases.

Actividad	Zona de limpieza de gases
Superficie [m ²]	352
qsi [Mcal/kg]	552
Ci	1,6
Si	352
Total numerador [Mcal]	310886

En esta zona tenemos que:

$$Q = \frac{310886,4}{352} = 883 \text{ Mcal}/m^2$$

Como:

$$Q_m = 883 \text{ Mcal}/m^2$$

$$R_a = 2$$

la densidad de carga de fuego es:

$$Q_s = 883 \cdot 2 = 1766 \frac{\text{Mcal}}{m^2}$$

Zona de purificación

Tabla 25. Variables obtenidas para el cálculo de la carga de fuego del sector de purificación.

Actividad	Zona de purificación
Superficie [m ²]	608
qsi [Mcal/kg]	552
Ci	1,6
Si	608
Total numerador [Mcal]	536985

En esta zona tenemos que:

$$Q = \frac{536985,6}{608} = 883 \text{ Mcal}/m^2$$

Como:

$$Q_m = 883 \text{ Mcal}/m^2$$

$$R_a = 2$$

la densidad de carga de fuego es:

$$Q_s = 883 \cdot 2 = 1766 \frac{\text{Mcal}}{m^2}$$

Zona de almacenaje de óxido de etileno

Tabla 26. Variables obtenidas para el cálculo de la carga de fuego del sector de almacenamiento.

Actividad	Almacenamiento óxido de etileno
Superficie [m ²]	1750
qi [Mcal/kg]	6,6
Ci	1,6
Gi	393120
Total numerador [Mcal]	4151347

En esta zona tenemos que:

$$Q = \frac{4151347}{1750} = 2372 \text{Mcal/m}^2$$

Como:

$$Q_m = 2372 \text{Mcal/m}^2$$

$$R_a = 2$$

la densidad de carga de fuego es:

$$Q_s = 2372 \cdot 2 = 4744 \frac{\text{Mcal}}{\text{m}^2}$$

Zona de servicios

Tabla 27. Variables obtenidas para el cálculo de la carga de fuego del sector de servicios.

Actividad	Servicios
Superficie [m ²]	406
qsi [Mcal/kg]	288
Ci	1,6
Si	80
Total numerador [Mcal]	36864

En esta zona tenemos que:

$$Q = \frac{36864}{406} = 90,8 \text{ Mcal/m}^2$$

Como:

$$Q_m = 90,8 \text{ Mcal/m}^2$$

$$Ra = 1$$

la densidad de carga de fuego es:

$$Q_s = 90,8 \cdot 1 = 90,8 \frac{\text{Mcal}}{\text{m}^2}$$

Zona de tratamiento de aguas

Tabla 28. Variables obtenidas para el cálculo de la carga de fuego del sector de tratamiento de aguas.

Actividad	Tratamiento de aguas
Superficie [m ²]	1500
qsi [Mcal/kg]	126
Ci	1,6
Si	1500
Total numerador [Mcal]	302400

En esta zona tenemos que:

$$Q = \frac{302400}{1500} = 202 \text{ Mcal/m}^2$$

Como:

$$Q_m = 202 \text{ Mcal/m}^2$$

$$R_a = 1$$

la densidad de carga de fuego es:

$$Q_s^* = 202 \cdot 1 = 202 \frac{\text{Mcal}}{\text{m}^2}$$

Zona de mantenimiento

Tabla 29. Variables obtenidas para el cálculo de la carga de fuego del sector de mantenimiento.

Actividad	Mantenimiento
Superficie [m ²]	1036
qsi [Mcal/kg]	384
Ci	1,6
Si	1036
Total numerador [Mcal]	636518

En esta zona tenemos que:

$$Q = \frac{636518}{1036} = 614 \text{ Mcal/m}^2$$

Como:

$$Q_m = 614 \text{ Mcal/m}^2$$

$$R_a = 1$$

la densidad de carga de fuego es:

$$Q_s = 614 \cdot 1 = 614 \frac{\text{Mcal}}{\text{m}^2}$$

*La carga de fuego de la EDAR y sus elementos preventivos en esta industria no aplicarán.

Zona de carga y descarga

Tabla 30. Variables obtenidas para el cálculo de la carga de fuego del sector de carga y descarga.

Actividad	Carga y descarga
Superficie [m ²]	1080
qsi [Mcal/kg]	264
Ci	1,6
Si	1080
Total numerador [Mcal]	456192

En esta zona tenemos que:

$$Q = \frac{456192}{1080} = 422 \text{ Mcal/m}^2$$

Como:

$$Qm = 422 \text{ Mcal/m}^2$$

$$Ra = 1,5$$

la densidad de carga de fuego es:

$$Qs = 422 \cdot 1,5 = 634 \frac{\text{Mcal}}{\text{m}^2}$$

Zona control de proceso

Tabla 31. Variables obtenidas para el cálculo de la carga de fuego del sector de control de proceso.

Actividad	Control de proceso
Superficie [m ²]	341
qsi [Mcal/kg]	120
Ci	1,2
Si	341
Total numerador [Mcal]	49104

En esta zona tenemos que:

$$Q = \frac{49104}{341} = 144 \text{ Mcal/m}^2$$

Como:

$$Q_m = 144 \text{ Mcal/m}^2$$

$$R_a = 1$$

la densidad de carga de fuego es:

$$Q_s = 144 \cdot 1 = 144 \frac{\text{Mcal}}{\text{m}^2}$$

Zona de oficinas

Tabla 32. Variables obtenidas para el cálculo de la carga de fuego del sector de oficinas.

Actividad	Oficinas
Superficie [m ²]	600
qsi [Mcal/kg]	192
Ci	1,2
Si	600
Total numerador [Mcal]	138240

En esta zona tenemos que:

$$Q = \frac{138240}{600} = 230 \text{ Mcal/m}^2$$

Como:

$$Q_m = 230 \text{ Mcal/m}^2$$

$$R_a = 1$$

la densidad de carga de fuego es:

$$Q_s = 230 \cdot 1 = 230 \frac{\text{Mcal}}{\text{m}^2}$$

Sectorizando cada agrupación de zonas por áreas se calculará la carga de fuego ponderada y corregida de manera que se pueda determinar en qué riesgo intrínseco pertenece cada sector.

Se utilizará la ecuación especificada en el artículo 3.3 del Anexo I del Real Decreto 2267/2004.

Área de producción

Pertenecerán a esta área las zonas 100, 200, 300, 400 y 600.

A partir de las cargas de fuego de cada sector y teniendo en cuenta sus áreas, dando una carga de fuego promedio de **1652 Mcal/m²**.

Cabe destacar que el Nivel de Riesgo Intrínseco del conjunto del Establecimiento Industrial nos va a determinar únicamente la periodicidad de las inspecciones, descritas en el Artículo 7 del RSCIEI, ya que el resto de las protecciones contra incendios se determinará con el nivel de Riesgo Intrínseco del sector.

Por lo tanto, el nivel intrínseco del sector de área de producción es el siguiente:

NIVEL ALTO, GRADO 7

Este sector es correcto, ya que según la Tabla 1.3 del RSCIEI: $1600 < e < 3200$ representa un riesgo intrínseco del sector o área de incendio, del edificio industrial o del conjunto del establecimiento industrial alto y de grado 7.

Área de almacenaje

Pertenecerá exclusivamente la zona 500.

Dando un valor de Q_e de **4744 Mcal/m²**.

Por lo tanto, el nivel intrínseco del sector de área de producción es el siguiente:

NIVEL ALTO, GRADO 8

Este sector es correcto, ya que según la Tabla 1.3 del RSCIEI: $3200 < Q_e$ representa un riesgo intrínseco del sector o área de incendio, del edificio industrial o del conjunto del establecimiento industrial alto y de grado 8.

Área de mantenimiento

Pertenecerán las zonas 700, 800 y 1000.

A partir de las cargas de fuego de cada sector y teniendo en cuenta sus áreas, dando una carga de fuego promedio de **515,7 Mcal/m²**.

Por lo tanto, el nivel intrínseco del sector de área de producción es el siguiente:

NIVEL MEDIO, GRADO 5

Este sector es correcto, ya que según la Tabla 1.3 del RSCIEI: $400 < Q_e < 800$ representa un riesgo intrínseco del sector o área de incendio, del edificio industrial o del conjunto del establecimiento industrial medio y de grado 5.

Área de carga y descarga

Pertenecerá exclusivamente la zona 900.

Dando un valor de Q_e de **633,6 Mcal/m²**.

Por lo tanto, el nivel intrínseco del sector de área de producción es el siguiente:

NIVEL MEDIO, GRADO 5

Este sector es correcto, ya que según la Tabla 1.3 del RSCIEI: $400 < Q_e < 800$ representa un riesgo intrínseco del sector o área de incendio, del edificio industrial o del conjunto del establecimiento industrial medio y de grado 5.

Área de oficinas

Pertenecerá exclusivamente la zona 1100.

Dando un valor de Q_e de **345,6 Mcal/m²**.

Por lo tanto, el nivel intrínseco del sector de área de producción es el siguiente:

NIVEL MEDIO, GRADO 4

Este sector es correcto, ya que según la Tabla 1.3 del RSCIEI: $300 < Q_e < 400$ representa un riesgo intrínseco del sector o área de incendio, del edificio industrial o del conjunto del establecimiento industrial medio y de grado 4.

El área de producción, la de mantenimiento y la de oficinas configuran sectores tipo C, según el BOE: “ el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio ”.

Mientras que las áreas de carga y descarga, almacenaje y EDAR configuran sectores tipo E, tal y como especifica el BOE: “el establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede estar parcialmente cubierto (hasta un 50 por ciento de su superficie), alguna de cuyas fachadas en la parte cubierta carece totalmente de cerramiento lateral”.

5.11.7. Protecciones pasivas y activas

A partir de las cargas de fuego realizadas se procederá a la introducción de las protecciones tanto pasivas como activas.

En el caso de **protecciones pasivas** habrá diferentes puntos para tener en cuenta.

Para las áreas de conraincendios dónde necesariamente existe un riesgo y hay un edificio que cubre la instalación, se deberán estudiar las diferentes pinturas ignífugas con RF-30 de recubrimiento tanto de paredes como tejados, y, además, de los tipos de elementos estructurales portantes con su resistencia al fuego que dispondrá respecto al nivel de riesgo intrínseco que tenga cada tipo de nave (todas las áreas con nave pertenecen en este caso a nivel de riesgo tipo C).

Todas las escaleras que sean recorridos de evacuación deben cumplir con las exigencias de la Tabla 2.2 de la UNE 23093 independientemente de que el edificio o sector de incendio se encuentre. En este caso solo se incluyen a los elementos portantes de las escaleras interiores sin incluir las escaleras exteriores cuya estructura portante no se le exigirá estabilidad al fuego alguna.

En los casos en los que el reglamento exija a la estructura una estabilidad al fuego (o capacidad portante) superior al que la propia estructura posee, habrá que añadir a dicha estructura un sistema de protección adecuado adicional.

En el caso de sistemas de protección de las estructuras metálicas se basan esencialmente en el recubrimiento de los perfiles con materiales aislantes (Placas o paneles resistentes al fuego, pinturas intumescentes, morteros). A estas estructuras se les debe aplicar el Anejo D del Código Técnico de la Edificación: Documento Básico DB-SI “Seguridad en caso de incendio” o bien en el EUROCÓDIGO 3 Parte 1-2 EN 1992-1-2, para estudiar su resistencia al fuego.

Análogamente, para las estructuras de hormigón que requieran mejorar su estabilidad al fuego, por deterioro, cambio de actividad del establecimiento u otras razones, puede utilizar varios sistemas como: revestimientos mediante mortero proyectable, placas o paneles resistentes al fuego, pinturas o bien revestimientos de yeso aplicados conforme al punto c.2.4 del Anejo C del CTE DB SI. A estas estructuras se les debe aplicar el EUROCÓDIGO 2 Parte 1-2 o el Anejo C del Código Técnico de la Edificación: Documento Básico “seguridad en caso de incendio”, para estudiar su resistencia al fuego.

En edificios de una sola planta con cubierta ligera, cuando la superficie total del sector de incendios esté protegida por una instalación de rociadores automáticos de agua y un sistema de evacuación de humos, los valores de la estabilidad del fuego de las estructuras portantes podrán adoptar los valores que se representan en la Tabla 2.4 del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales.

Para el caso del área de fuego de mantenimiento se dispondrá una RF-60 para los elementos estructurales portantes tal y como se expone en la UNE 23093 (Tabla 2.2). Y para la estructura principal de cubiertas ligeras y sus soportes en plantas sobre rasante una RF-15 si no existiera la instalación de rociadores automáticos de agua ni sistema de evacuación de humos si está aplicado para edificios de una sola planta no exige resistencia al fuego para estructuras principales de cubiertas ligeras. En este caso al no exigirse se deberá señalar, ya que no cumple con los 10 metros de límites de parcelas para evitar la señalización, en el acceso principal del edificio para que el personal de los servicios de extinción tenga conocimiento de esta particularidad. El tamaño de la señal deberá ser según la norma UNE 23033.

Para el caso del área de fuego de oficinas se dispondrá una RF-60 para los elementos estructurales portantes tal y como se expone en la UNE 23093 (Tabla 2.2). Y para la estructura principal de cubiertas ligeras y sus soportes en plantas sobre rasante no exigirá resistencia al fuego y dispondrá de detectores de humo.

La justificación de que un elemento constructivo alcanza el valor de estabilidad al fuego exigido se acreditará por contraste con los valores fijados en el apéndice 1 de la Norma básica de la edificación: Condiciones de protección contra incendios en los edificios, en su caso o mediante marca de conformidad, con normas UNE o certificado de conformidad, con las especificaciones técnicas indicadas en este reglamento.

El ensayo y clasificación de los elementos constructivos, así como de los productos de construcción que no tengan el marcado CE, se llevará a cabo por laboratorios acreditados por una entidad oficialmente reconocida conforme al Real Decreto 2200/1995 de 28 de diciembre, modificado por el Real Decreto 411/1997 de 21 de marzo.

En cuanto a la resistencia al fuego de los elementos constructivos revestidos con productos de protección con marcado CE, los valores de protección que éstos aportan serán los avalados por dicho marcado.

En el caso del área de fuego de mantenimiento hay un muro colindante con la sala de control dónde la RF de este, al ser un muro con función de estructura portante, será de 180. Con una anchura como mínimo de 1 metro. Para conseguir estas resistencias al fuego se utilizan sistemas de protección mediante paneles resistentes al fuego.

Entre el taller de mantenimiento y el laboratorio de control existirá una puerta de unión la cual tendrá que disponer una RF al menos igual a la mitad exigida al elemento que separe ambos establecimientos. Es decir, el muro mencionado en el párrafo anterior. Las puertas cortafuego deberán disponer de un sistema de auto cierre C5 (al igual que marca el CTE). En aquellos casos en los que se justifique adecuadamente un menor uso de la puerta, dichos sistemas de auto cierre podrán ser C3 (50.000 ciclos).

Todos los huecos, además, deben estar sellados de modo que contengan la resistencia al fuego a la cual se le aplica.

Para el caso de las tuberías al ser de acero no se necesitará de ninguna implementación contraincendios ya que no representa un elemento combustible.

Establecimientos tipo D o E: Excepto los de riesgo bajo, la RF mínima de las parcelas con posibilidad de edificar en ellas será de 120, a no ser que la actividad que se realice esté a una distancia igual o mayor a 5m de la normativa urbanística aplicable garantice dicha distancia entre el área de incendio y el lindero.

Ventilación y eliminación de humos y gases de la combustión en los edificios industriales

La ventilación en las áreas que no están envueltas por una nave se hará naturalmente. Para las áreas de incendio tipo C como el área de mantenimiento dispondrá de sistema de evacuación de humos ya que supone un nivel de riesgo intrínseco medio.

Almacenamientos

El único almacenamiento de producto combustible es el del área 500 de óxido de etileno, en el Reglamento de Seguridad Contra incendios en los Establecimientos Industriales indica sobre almacenamientos dónde se hace en un lugar cerrado y mediante estanterías, en este caso no aplica para el área que tenemos las cuáles se le pondrán el tipo de protección contra incendios según la ITC-MIE-APQ-I y a la vez la APQ-I.

Instalaciones técnicas de servicios de los establecimientos industriales

Para los procesos dónde se requiera la función de cables eléctricos durante un incendio se aplicarán conductos de paneles resistentes al fuego.

Riesgo de fuego forestal

Los establecimientos industriales de riesgo medio y alto ubicados cerca de una masa forestal han de mantener una franja perimetral de 25 m de anchura permanentemente libre de vegetación baja y arbustiva con la masa forestal esclarecida y las ramas bajas podadas.

En lugares de viento fuerte y de masa forestal próxima se ha de aumentar la distancia establecida en un 100 por cien, al menos en las direcciones de los vientos predominante.

Las anteriores especificaciones se pueden encontrar en el Anexo II del Reglamento de Seguridad Contra incendios en los Establecimientos Industriales. La cual corresponde a los requisitos constructivos de los establecimientos industriales según su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco. Pertenece a la Protección Pasiva Contra Incendios.

Llegados a este punto se evaluará la **protección activa** contra incendios a instalar, como función específica la detección, control y extinción del incendio, a través de una lucha directa el mismo, y por tanto facilitar la evacuación. Estos dependerán de la relación entre la tipología del edificio donde se encuentra el sector de incendio, el nivel de riesgo intrínseco del sector y la superficie del sector de incendio.

Todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales, así como el diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de sus instalaciones, cumplirán lo preceptuado en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y en la Orden de 16 de abril de 1998, sobre normas de procedimiento y desarrollo de aquel.

Asimismo, deberán cumplir la Directiva Europea de Productos de la Construcción desarrollada a través del Real Decreto 1630/92 y posteriores resoluciones. En estas resoluciones se recogen las referencias de normas armonizadas, periodos de coexistencia y entrada en vigor del mercado CE.

Sistemas automáticos de detección de incendio

Se instalarán sistemas automáticos de detección de incendios si cumplen diferentes especificaciones según el Anexo III del RSCIEI, para el caso de esta industria se instalarán en el área de mantenimiento siendo un sector tipo C, aunque el área es de 1377 m² y no sea necesario, se instalaran para verificar y que se actué de manera eficaz cuando se produzca un incendio en el área de incendio específica.

Para las áreas tipo E o oficinas (tipo C), no dispondrán de sistemas automáticos de detección de incendios ya que todos los del tipo E no son construidos en una nave ni tampoco es necesario según el RSCIEI.

Sistemas manuales de alarma de incendio

Están constituidos por un conjunto de pulsadores que permitirán transmitir voluntariamente por los ocupantes del sector, una señal a una central de control y señalización permanentemente vigilada, de tal forma que sea fácilmente identificable la zona en que ha sido activado el pulsador.

Se instalarán sistemas manuales de alarma de incendio en todas las áreas de OXESA incluyendo aquellas que no superen el límite establecido por el Anexo III del RSCIEI, las cuales no sería necesario la aplicación de ningún tipo de sistema manual.

En este caso se prefiere tener más seguridad de la que se requiere y se dispondrá de este sistema manual de alarma de incendios en todas las diferentes áreas de la industria.

Cuando sea requerida la instalación de un sistema manual de alarma de incendio, se situará, en todo caso, un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector de incendio, y la distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta alcanzar un pulsador no debe superar los 25 m.

Sistemas de comunicación de alarmas

En este caso los m² exigidos para la construcción de un sistema de comunicación de alarmas será necesario debido al alto riesgo de incendio que puede producir el óxido de etileno, si analizamos mediante áreas de incendio no se llega al mínimo para la instalación de estas pero debido al alto riesgo que esta substancia se tendrá en cuenta para finalmente introducir este sistema.

La señal acústica transmitida por el sistema de comunicación de alarma de incendio permitirá diferenciar si se trata de una alarma por "emergencia parcial" o por "emergencia general", y será preferente el uso de un sistema de megafonía.

Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios

Se instalará un sistema de abastecimiento de agua contra incendios si siguen alguna de las siguientes especificaciones:

- a) Lo exigen las disipaciones vigentes que regulan actividades sectoriales o específicas.
- b) Cuando sea necesario para dar servicio, en las condiciones de caudal, presión y reserva calculados, a uno o varios sistemas de lucha contra incendios, tales como:
 - Red de bocas de incendio equipadas (BIE).
 - Red de hidrantes exteriores.
 - Rociadores automáticos.
 - Agua pulverizada.
 - Espuma.

Cuando en una instalación de un establecimiento industrial coexistan varios de estos sistemas, el caudal y reserva de agua se calcularán considerando la simultaneidad de operación mínima que a continuación se establece, y que se resume en la Tabla adjunta en el RSCIEI para sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.

Sistemas de hidrantes exteriores

Se instalará un sistema de hidrantes exteriores si siguen alguna de las siguientes especificaciones:

- a) Lo exigen las disipaciones vigentes que regulan actividades sectoriales o específicas.
- b) Concurren las circunstancias que se reflejan en la Tabla 3.1 del RSCIEI Anexo III.

En este caso todas las áreas de incendio no necesitarían hidrantes exteriores ya que no se llegan a superar los m² especificados.

Al ser óxido de etileno la instalación de hidrantes es una buena medida para la extinción de incendios, por lo que se instalarán 3 hidrantes en toda la industria proporcionando un caudal de 3000 L/min con una autonomía de 90 minutos, como así también para el caso de BIEs.

Extintores de incendio

Se instalarán extintores de incendio portátiles en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales.

Si la clase de fuego del sector de incendio es A o B, se determinará la dotación de extintores del sector de incendio de acuerdo con la Tabla 3.1 del Anexo III del RSCIEI.

El óxido de etileno mayoritariamente es el combustible manejado en las áreas de producción, carga y descarga y almacenamiento de la industria, estas zonas trabajan con un combustible de clase A.

Las áreas de nivel de riesgo intrínseco alto tendrán extintores de eficacia 34A y un extintor cada 200m², mientras que las de nivel medio de 21 A de eficacia y un extintor cada 200m² también. La única diferencia es el área máxima del sector de incendio para el caso de alta será hasta 300 m² y para la de medio de 400m².

Por lo tanto, de clase A, el área de almacenamiento dispondrá de 9 extintores para cubrir toda la zona, para el área de producción de 12 extintores y para el área de carga y descarga de 6 extintores. Para las áreas de mantenimiento, EDAR, oficinas se dispondrá también de extintores, pero no de tanta eficacia ya que no existe tanto riesgo ya que no se trabaja con óxido de etileno un fluido de clase A. Por lo tanto, será de unos 40 extintores en todo el recinto de la industria, para poder sofocar cualquier tipo de incendio provocado en cualquier punto de la industria.

Sistemas de boca de incendio equipadas (BIE)

Se instalarán si no figuran dentro de las especificaciones del punto 9.1 del Anexo II del RSCIEI.

- Para sectores tipo C con nivel de riesgo intrínseco medio y superficie total construida sea de 1.000 m² o superior.
- Para sectores tipo C con nivel de riesgo intrínseco alto y superficie total construida sea de 500 m² o superior.
- Para sectores tipo D o E con nivel de riesgo intrínseco alto y superficie total construida sea de 5.000 m² o superior.

Por lo tanto, para las áreas de producción, carga y descarga, almacenaje de óxido de etileno y oficinas no sería necesario, mientras que para el área de mantenimiento (zona de mantenimiento y zona de laboratorio de control) sí. Con una superficie de 1.377 m², superando el máximo establecido de 1.000m² superaría el primer punto ya comentado anteriormente.

Con un nivel de riesgo intrínseco del establecimiento industrial alto, se deberá aplicar un **DN 45mm** de tubería que transporte el agua contra incendios, **simultaneidad de 3** y un tiempo de autonomía de 90 min según la Tabla 9.2 del RSCIEI.

El caudal unitario será el correspondiente a aplicar a la presión dinámica disponible en la entrada de la BIE, cuando funcionen simultáneamente el número de BIE indicado, el factor "K" del conjunto, proporcionado por el fabricante del equipo.

Sistemas de columna seca

Se instalarán sistemas de columna seca en los establecimientos industriales si son de riesgo intrínseco medio o alto y su altura de evacuación es de 15 m o superior, por lo tanto, en este caso no se superará o llegará a esta altura por lo que no se necesitará.

Sistemas de rociadores automáticos de agua

Se instalarán sistemas de rociadores automáticos de agua en los sectores de incendio de los establecimientos industriales cuando en ellos se desarrollen:

a) Actividades de producción, montajes, transformación, reparación u otras distintas al almacenamiento.

En el caso que se está tratando sería ubicado en edificios de tipo C, pero no se supera en ningún caso las áreas descritas en el punto 11 de sistemas de contra incendios activamente, por lo tanto, no sería necesario.

b) Actividades de almacenamiento.

En este caso el almacenamiento se realiza al aire libre, edificios ubicado como tipo E, por lo tanto, no requeriría de ningún tipo de sistema de rociadores automáticos de agua.

Sistemas de agua pulverizada

Se instalarán sistemas de agua pulverizada cuando por la configuración, contenido, proceso y ubicación del riesgo sea necesario refrigerar partes de este para asegurar la estabilidad de su estructura, y evitar los efectos del calor de radiación emitido por otro riesgo cercano.

En este caso se instalarán para enfriar el tanque si existe un incendio cerca de alguna zona cercana a los tanques o cualquier unidad de proceso que pueda contener combustible de óxido de etileno o etileno.

Sistemas de espuma física

Se instalarán sistemas espuma física junto con el sistema de agua pulverizada en el caso de tanques de almacenamiento en aquellos sectores de incendio donde sea preceptiva su instalación de acuerdo con las disposiciones vigentes que regulan la protección contra incendios en actividades industriales sectoriales o específicas. En este caso también se aplicarán sobre todo para la zona de tanques para evitar que cualquier incendio de uno de los tanques pueda afectar a los 17 restantes y así de alguna manera proceder a hacer una barrera de incendio entre tanque y tanque.

Sistemas de extinción por polvo

Se instalarán sistemas de extinción por polvo en aquellos sectores de incendio donde sea preceptiva su instalación de acuerdo con las disposiciones vigentes que regulan la protección contra incendios en actividades industriales sectoriales o específicas. En este caso no será necesario la aplicación de esta acción extintora.

Sistemas de extinción por agentes extintores gaseosos

En este caso no se aplicará tampoco, debido a que los productos con los que se trabaja no pueden mezclarse con otros diferentes tipos de gases por el riesgo que esta mezcla puede conllevar.

Sistemas de alumbrado de emergencias

La industria constará de instalación de alumbrado de emergencia en vías de evacuación de los sectores de incendio de los edificios industriales, también contarán con una instalación de alumbrado de emergencia. Este alumbrado será fijo, con fuente propia de energía.

Señalización

Se procederá a la señalización de las salidas de uso habitual o de emergencia, así como la de los medios de protección contra incendios de utilización manual, cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida, teniendo en cuenta lo dispuesto en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo, aprobado por el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Se deberá seguir las normas: UNE 23033, UNE 23034 y UNE 23035.

A partir de los diferentes requerimientos de agua y el tiempo de autonomía se obtendrá el caudal que tendrán que dar las diferentes bombas contra incendios y la reserva de agua.

5.11.8. Abastecimiento de agua

Para determinar el caudal y la reserva necesarios para asegurar el funcionamiento de protección escrita, durante 90 minutos, consideramos como escenario de cálculo el uso de BIE más agua pulverizada (caso [2] + [4], según art. 6.1 Anexo III del RD 2267/2004).

→ El caudal necesario para los hidrantes será de:

$$Q_H = 3.000 \text{ L/min} \cdot 3 = \frac{9.000 \text{ L}}{\text{min}} = 360 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Y la reserva necesaria será de:

$$R_H = 9.000 \text{ L/min} \cdot 90 \text{ min} = 810.000 \text{ L} = 810 \text{ m}^3$$

→ El caudal necesario para el agua pulverizada:

Según la ITC MIE APQ 2, se deberá tener para los tanques de almacenamiento de óxido de etileno rociadores de agua pulverizada con o sin espuma. En este caso el agua pulverizada contendrá espuma también para que cuando se quiera enfriar el tanque en caso de accidente la espuma también ayude a contener el incendio ocasionado en uno de los tanques y así evitar la propagación del incendio.

Para los tanques de almacenaje se requiere un caudal de 8L/min por área de tanque horizontal visto desde el Lay-Out. Se ha visto que se tiene un área de 508 m² sólo de los tanques que hay, y que por lo tanto se requerirá de 4070L/min adicionales.

Si tenemos en cuenta también los exchangers que hay en la zona de producción, estos también requerirán de agua pulverizada en este caso sin espuma.

Ocupan un área de 266 m², y con un caudal de 8L/min también se requerirán de un caudal de 2128L/min dando como total en este caso de 6200 L/min.

Se tiene en cuenta también las bombas de trasiego de óxido de etileno, ocupando estas un área de 360 m², estas requieren un caudal de 40L/min por metro cuadrado de superficie, por lo que requieren de un caudal de agua de 360L/min.

El caudal total para agua pulverizada con o sin espuma será de 6560L/min.

Sumando el caudal de hidrantes + agua pulverizada da un caudal necesario de 15560L/min.

La planta de la firma OXESA dispone de un depósito de reserva de agua contra incendios con una capacidad de 1640 m³, área de 840 m² con una altura de 2 metros y un equipo de bombeo compuesto por:

2 bombas eléctricas con bomba Jockey incorporada.

2 bombas de motor diésel.

La presión a la que distribuirán el agua las mangueras será de 4kg/cm².

En este caso funcionarían a la vez hidrantes, BIEs y agua pulverizada, que sería el caso más problemático que se podría presentar en la planta de OXESA.

5.11.9. Evacuación de los establecimientos industriales

Se seguirá estos pasos:

6.1 Para la aplicación de las exigencias relativas a la evacuación de los establecimientos industriales, se determinará su ocupación, P, deducida de las expresiones obtenidas en el punto 6.1 del Anexo II del RSCIEI. Dónde P representa el número de personas que ocupa el sector de incendio. Los valores obtenidos de P se redondearán al entero inmediatamente superior.

6.2 La evacuación del establecimiento industrial es el mismo tanto para el tipo B como el C.

Para este caso, el C. Debe satisfacer las condiciones expuestas en el Código Técnico de la Edificación (CTE).

Los elementos de la evacuación

1. Origen de la evacuación.

Los puntos ocupables de todos los locales de riesgo especial y los de las zonas de ocupación nula cuya superficie exceda de 50 m², se consideran origen de evacuación y deben cumplir los límites que se establecen para la longitud de los recorridos de evacuación hasta las salidas de dichos espacios, cuando se trate de zonas de riesgo especial, y, en todo caso, hasta las salidas de planta, pero no es preciso tomarlos en consideración a efectos de determinar la altura de evacuación de un edificio o el número de ocupantes.

2. Recorridos de evacuación

Recorrido que conduce desde un origen de evacuación hasta una salida de planta, situada en la misma planta considerada o en otra, o hasta una salida de edificio. Conforme a ello, una vez alcanzada una salida de planta, la longitud del recorrido posterior no computa a efectos del cumplimiento de los límites a los recorridos de evacuación.

Espacio exterior seguro representa el punto por dónde se da por finalizada la evacuación de los ocupantes del edificio.

3. Altura de evacuación

Máxima diferencia de cotas entre un origen de evacuación y la salida de edificio que le corresponda.

A efectos de determinar la altura de evacuación de un edificio no se consideran las plantas en las que únicamente existan zonas de ocupación nula. Dependiendo del área de un recinto si este tiene más de una planta podrá disponer de más de una salida de emergencia. La longitud de los recorridos de evacuación que se indican se puede aumentar un 25% cuando se trate de sectores de incendio protegidos con una instalación automática de extinción.

Para el caso de edificios con riesgo medio se deberá de tener 2 salidas alternativas cada 50 metros o 1 salida de recorrido único a 25 metros, se podrá aumentar esta distancia a 35 metros si la ocupación es inferior a 25 personas.

En esta industria no se dispondrá de aparatos elevadores ni ascensores ni escaleras mecánicas, pero sí de escaleras.

Las escaleras que se prevén para evacuación descendente serán protegidas, con un desnivel de 25 metros para este caso que será de riesgo medio, y para las escaleras dónde el sentido de la evacuación sea ascendente serán siempre protegidas. Las puertas de emergencia se abrirán en el sentido de la evacuación, se abrirán mediante manilla o pulsador y serán previstas para la evacuación de más de 50 personas. En el momento de la evacuación se deberá evitar que la puerta se abra mediante llave o cualquier tipo de mecanismo que entorpezca la rápida apertura de esta.

En el caso de los pasillos, escaleras y rampas deberán cumplir con las Condiciones de seguridad de utilización dispuestas en el CTE de Seguridad de utilización.

Un pasillo protegido será aquél dónde podrán permanecer las personas durante un tiempo determinado, deberá tener ventilación mediante ventanas o huecos y/o entrada y salida de aire mediante conductos.

El pasillo debe tener un trazado continuo que permita circular por él hasta una escalera protegida o especialmente protegida, hasta un sector de riesgo mínimo o bien hasta una salida de edificio.

8.Salidas

Las salidas del recinto, planta o edificio tendrán una señal con el rótulo “SALIDA”. La señal de “salida de emergencia” debe utilizarse en toda salida prevista para uso exclusivo en caso de emergencia.

Deben de disponerse señales indicativas de dirección de los recorridos, visibles desde todo origen de evacuación desde el que no se perciban directamente las salidas o sus señales indicativas y, en particular, frente a toda salida de un recinto con ocupación mayor que 100 personas que acceda lateralmente a un pasillo.

En los puntos de los recorridos de evacuación en los que existan alternativas que puedan inducir a error, también se dispondrán las señales antes citadas, de forma que quede claramente indicada la alternativa correcta.

Las disposiciones en materia de evacuación y señalización en los establecimientos industriales que estén ubicados en configuraciones de tipo D y E serán conformes a lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, y en el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, y cumplirán, además, los requisitos siguientes: Anchura de la franja perimetral: la altura de la pila y como mínimo 5 m. Anchura para caminos de acceso de emergencia: 4,5m. Separación máxima entre caminos de emergencia: 65 m y una anchura mínima de pasillos entre pilas: 1,5 m.

5.12. Higiene

En este apartado se especifican las medidas que se van a tomar en la planta con relación a la higiene, limpieza y salud en del recinto. Una realización poco efectiva o escasa de la limpieza puede provocar importantes riesgos que pueden afectar a la seguridad del personal que trabaja en la planta. A parte, la planta puede sufrir riesgos de salud a causa de aspectos biológicos.

5.12.1. Limpieza y riesgos

Es un factor clave en el funcionamiento de la planta, esto es debido a que una gran parte de accidentes laborales se deben a golpes caídas con objetos, por culpa de un ambiente desordenado.

Además, uno de los accidentes más comunes en la industria química es resbalar a causa de charcos producidos de fugas de tuberías, por ello es necesario tener el suelo limpio y seco. Para ello se necesita un personal de limpieza formado y con instrumentación adecuado para poder limpiar cualquier superficie de la planta.

Para ello OXESA, tiene implementado la Norma de 5S, que es un método fácil de aplicar con muchas ventajas. Este método consiste en clasificar, ordenar, limpieza, estandarización y disciplina.

También para tener un ambiente sano, libre de plagas, se contrata a una empresa externa de control de plagas, dónde ellos mismos nos regulan periódicamente la eliminación y control de insectos y pequeños roedores. [24]

5.12.2. Sanidad y riesgos

Oxesa se preocupa por el trabajador, por ello todo el personal dispone de una revisión médica externa anual, para garantizar la salud del trabajador.

La revisión trata en un análisis de sangre y revisiones físicas para poder controlar que su salud no haya sido perjudicada, con el periódico contacto de productos químicos.

También se dispone de un seguro de vida, en caso de que nuestros trabajadores se hayan lesionado o incluso causa de muerte, sean indemnizadas sus familiares.

Finalmente tenemos contratado una mutua para poder ayudar a los trabajadores en causa de molestias o enfermedad de una manera más atenta y eficiente.

A parte se ha contratado a una empresa externa que nos revisa la calidad del agua, de las zonas comunes, incluso para que nos controla la legionela en el agua de proceso y aguas de servicio.

5.13. Bibliografía

- [1] INSST, «Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo,» [En línea]. Available: insst.es. [Último acceso: 2 Junio 2020].
- [2] Boletín Oficial del Estado, «BOE,» 1 Abril 2003. [En línea]. Available: https://www.boe.es/boe_catalan/dias/2003/04/01/pdfs/A01617-01652.pdf. [Último acceso: 2 Junio 2020].
- [3] Boletín Oficial del Estado, «boe.es,» 5 Junio 1995. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/boe/dias/1995/06/05/pdfs/A16544-16547.pdf>. [Último acceso: 2 Junio 2020].
- [4] Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, «osha.europa.eu,» Unión Europea, [En línea]. Available: <https://osha.europa.eu/es/themes/dangerous-substances/clp-classification-labelling-and-packaging-of-substances-and-mixtures>. [Último acceso: 2 Junio 2020].
- [5] Diario Oficial de la Unión Europea, «boe.es,» 31 Diciembre 2008. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/doue/2008/353/L00001-01355.pdf>. [Último acceso: 2 Junio 2020].
- [6] Centro Coordinador del Convenio de Basilea, «Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de productos químicos,» [En línea]. Available: ghs-sga.com. [Último acceso: 2 Junio 2020].
- [7] MESSER, «messer.es,» 17 Enero 2017. [En línea]. Available: <https://www.messer.es/documents/20570/660625/%C3%93XIDO+DE+ETILENO.pdf/c8b8eec5-5463-4bcd-a00b-ad5b05a1fad6>.
- [8] Boletín Oficial del Estado, «BOE,» 25 Julio 2017. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2017/06/23/656>. [Último acceso: 28 Mayo 2020].
- [9] Boletín Oficial del Estado, «BOE,» 5 Febrero 2009. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2008/12/12/2060>. [Último acceso: 30 Mayo 2020].
- [10] Boletín Oficial del Estado, BOE, 1 Marzo 1996. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1996/03/01/400>. [Último acceso: 3 Junio 2020].
- [11] Boletín Oficial del Estado, BOE, 12 Junio 2003. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2003/06/12/681>. [Último acceso: 3 Junio 2020].

- [12] Atex Atmosferas Explosivas, «Atex Atmosferas Explosivas,» [En línea]. Available: <http://www.atmosferasexplosivas.com/index.php/normativaatex>. [Último acceso: 1 Junio 2020].
- [13] Dräger, «Dräger,» 2008. [En línea]. Available: https://www.draeger.com/Library/Content/9046703_infoflip_gds_es_l3.pdf.
- [14] Boletín Oficial del Estado, «BOE,» 19 Septiembre 2003. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2003/09/19/1196>. [Último acceso: 7 Junio 2020].
- [15] Boletín Oficial del Estado, «BOE,» 14 Abril 1997. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1997/04/14/485/con>. [Último acceso: 30 Mayo 2020].
- [16] Petrochemicals Europe, «Petrochemicals Europe,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.petrochemistry.eu/sector-group/ethylene-oxide/>. [Último acceso: 1 Junio 2020].
- [17] Acoplamientos Manntek, «Gama disponible de acoplamientos de desconexión en seco (DDCouplings Dry Disconnect Couplings) para Óxido de Etileno,» Marlia Ingenieros, [En línea]. Available: <http://www.marlia-ing.com/es/>. [Último acceso: 1 Junio 2020].
- [18] Boletín Oficial del Estado, «BOE,» 30 Mayo 1997. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1997/05/30/773/con>. [Último acceso: 1 Junio 2020].
- [19] Boletín Oficial del Estado, BOE, 20 Noviembre 1992. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1992/11/20/1407/con>. [Último acceso: 1 Junio 2020].
- [20] Boletín Oficial del Estado, «BOE,» 7 Febrero 2003. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2003/02/07/143>. [Último acceso: 2 Junio 2020].
- [21] Boletín Oficial del Estado, «BOE,» 3 Diciembre 2004. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2004/12/03/2267>. [Último acceso: 2 Junio 2020].
- [22] Boletín Oficial del Estado, «BOE,» 12 Junio 2017. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2017/05/22/513>. [Último acceso: 2 Junio 2020].

- [23] Boletín Oficial del Estado, «BOE,» 28 Marzo 2006. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/03/17/314>. [Último acceso: 2 Junio 2020].
- [24] Controlkill365, «controlkill365.es,» [En línea]. Available: <https://www.controlkill365.es>. [Último acceso: 01 06 2020].