

Grado en Ingeniería Química

Trabajo de Fin de Grado

PLANTA PARA LA FABRICACIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO

Mokhles Barrouhou El Khomsi 1334879

Roger Font Oriol 1427604

Josselyn Karina Ruiz Rodriguez 1426188

Gerard Ruiz Rosillo 1432681

Oriol Sanchez Beumala 1457198

Marina Torrico Viñoles 1455863

Tutora: María Eugenia Suárez-Ojeda

Grupo 5



Seguridad e higiene

Volumen 5





Índice

5.1. Introducción.....	7
5.2. Riesgos con mayor repercusión de la industria	8
5.2.1. Clasificación de los riesgos	8
5.2.2. Riesgo de incendio	9
5.2.3. Riesgo de explosión.....	11
5.2.4. Riesgo de fuga	12
5.2.5. Riesgo de exposición a productos químicos	13
5.2.6. Otros riesgos	14
5.2.6.1. Caídas al mismo nivel	14
5.2.6.2. Caídas a distinto nivel.....	15
5.2.6.3. Atrapamiento	16
5.2.6.4. Caída de objetos.....	16
5.2.6.8. Contacto térmico.....	19
5.2.6.9. Contacto eléctrico	19
5.2.6.10. Exposición al ruido	20
5.3. Análisis zona geo-climática	21
5.3.1. Actividad sísmica	21
5.3.2. Inundaciones	24
5.4. Proceso de construcción	27
5.5. Sustancias químicas	29



5.5.1. Clasificación de las sustancias químicas del proceso	29
5.5.2. Fichas técnicas.....	31
5.6. Almacenaje de productos químicos.....	44
5.6.1. Normativa aplicable	44
5.6.2. Consideraciones generales.....	45
5.6.3. Incompatibilidad entre sustancias almacenadas	46
5.6.4. Distancias de seguridad.....	49
5.6.5. Carga y descarga.....	50
5.6.6. Transporte de sustancias	51
5.6.7. Mantenimiento de la zona de almacenamiento	53
5.7. Seguridad en las instalaciones	54
5.7.1. Seguridad en los equipos	55
5.7.2. Derrames y fugas.....	57
5.7.3. Inertización normal y de emergencia.....	60
5.7.4. Seguridad de laboratorio.....	61
5.7.5. Mantenimiento	63
5.8. Señalización.....	64
5.8.1. Normativa vigente.....	65
5.8.2. Disposiciones de señalización	66
5.8.3. Colores de seguridad.....	66
5.8.4. Señales en forma de paneles	68



5.8.4.1.	Señales de advertencia.....	68
5.8.4.2.	Señales de prohibición	69
5.8.4.3.	Señales de obligación	70
5.8.4.4.	Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios.....	71
5.8.4.5.	Señales de salvamento o socorro.....	71
5.8.5.	Señales luminosas y acústicas.....	72
5.8.5.1.	Señales luminosas	72
5.8.5.2.	Señales acústicas	73
5.8.6.	Señales gestuales	73
5.8.7.	Señales de riesgo de caídas, choques y golpes	75
5.9.	Plan de prevención	76
5.9.1.	Desarrollo del Plan de Prevención	77
5.10.	Plan de emergencia.....	82
5.10.1.	Introducción	82
5.10.2.	Responsabilidades.....	83
5.10.3.	Desarrollo	84
5.10.4.	Procedimiento de actuación ante emergencias.....	86
5.10.4.1.	Actuaciones en caso de primeros auxilios	87
5.10.4.2.	Actuaciones en caso de incendio	87
5.10.4.3.	Actuaciones para la evacuación	88
5.10.4.4.	Actuaciones generales ante cualquier emergencia	89



5.10.5. Teléfonos y modelo de llamada de emergencia	91
5.11. Protección contra incendios	93
5.11.1. Caracterización de las instalaciones industriales	93
5.11.2. Nivel de riesgo intrínseco	96
5.11.3. Sistemas de protección contra incendios	101
5.11.3.1. Medios pasivos	101
5.11.3.2. Medios activos.....	102
5.11.4. Sistemas de abastecimiento de agua	109
5.11.5. Estación de bombeo de agua	113
5.11.6. Cálculo de incendios.....	114
5.12. Normativa ATEX	114
5.12.1. Introducción	114
5.12.2. Zonas ATEX	115
5.12.3. Clasificación en INDOXETH5.....	116
5.12.4. Medidas de protección frente a explosiones.....	117
5.12.5. Cálculo de explosiones	118
5.13. Iluminación de la planta y seguridad eléctrica	119
5.13.1. Iluminación de la planta	119
5.13.2. Seguridad eléctrica.....	120
5.14. Higiene	123
5.14.1. Higiene en planta	124



5.14.2. Higiene personal.....	124
5.15. Seguridad y salud	125
5.15.1. Funciones y responsabilidades.....	125
5.15.2. Medidas generales de prevención	131
5.15.2.1. Técnicas analíticas	131
5.15.2.2. Técnicas operativas	131
5.15.3. Identificación de procesos y procedimientos de prevención	132
5.15.4. Condiciones de trabajo	133
5.15.4.1. Ruido y vibraciones	135
5.15.4.2. Iluminación y color	135
5.15.5. Formación de los trabajadores.....	137
5.15.6. Salud de los trabajadores	137
5.15.7. Actuación en caso de emergencia sanitaria.....	138
5.16. Equipos de protección individual (EPI)	139
5.16.1. Condiciones que deben de reunir los EPI's	139
5.16.2. Elección de los EPI's	140
5.16.3. Mantenimiento de los EPI's	140
5.16.4. Obligaciones del trabajador	140
5.16.5. Tipos de EPI's.....	141
5.16.5.1. Protección ocular y facial	141
5.16.5.2. Protección de las vías respiratorias.....	142



5.16.5.3.	Protección para los oídos	142
5.16.5.4.	Protección para la cabeza	142
5.16.5.5.	Protección abdomen y tronco.....	142
5.16.5.6.	Protección para las extremidades.....	143
5.17.	Evaluación de riesgos.....	143
5.17.1.	Introducción	143
5.17.2.	Método FINE	145
5.17.3.	Evaluación lugares de trabajo	147
5.17.3.1.	Operarios.....	147
5.17.3.2.	Seguridad.....	150
5.17.3.3.	Oficinas.....	151
5.17.3.4.	Laboratorio.....	152
5.17.3.5.	Tabla FINE.....	154
5.17.4.	Método HAZOP	154
5.17.5.	Evaluación de equipos e instalaciones.....	156
5.18.	Bibliografía	229



5.1. Introducción

En la Industria Química se trabaja con sustancias e instalaciones que pueden llegar a ser peligrosas y causar graves percances. En este apartado, se presentarán los temas y subtemas sobre Seguridad e Higiene en el trabajo. El objetivo será mostrar las consecuencias de la interacción entre estos dos términos y la aplicación y desarrollo de actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo.

El departamento de Seguridad en el trabajo tiene como objetivo principal analizar las condiciones de trabajo de la planta para su constante mejora y la prevención de posibles accidentes. Por otro lado, la Higiene Industrial tiene como objetivo la prevención de patologías derivadas de la exposición a agentes contaminantes, ya sea de tipo físico, químico o biológico. Todo ello, mediante la detección, previsión, reducción o eliminación.

Pese a que en el sector químico suceden situaciones de emergencia, muchas veces son derivadas de falsas alarmas o pequeños accidentes puntuales sin gran repercusión para la integridad de los trabajadores, de la empresa o del medio ambiente. Es cierto que cuando se produce un accidente de gravedad, estos tienen efectos muy graves que suponen grandes pérdidas tanto humanas, como económicas y materiales.

Por tanto, el propósito será llegar a un diseño de planta industrial seguro, con un ambiente y condiciones de trabajo adecuadas, en el que los trabajadores puedan desarrollar sus actividades con dignidad y en la que se mejoren las condiciones de seguridad y salud.



5.2. Riesgos con mayor repercusión de la industria

Según el Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo INVASSAT ⁽¹⁾ “en el sector de la industria química nos vamos a encontrar con los mismos riesgos que encontramos en la mayoría de los demás sectores de actividad industrial, no obstante los que consideramos como específicos del sector son los debidos a factores intrínsecos de los propios productos en sus condiciones de empleo, por tener determinadas propiedades físico-químicas o reactividad química determinantes de su peligrosidad, o bien a factores externos a los mismos por la manera con que éstos se utilizan, ya sea en su almacenamiento, transporte, manipulación o procesado.

Los fallos pueden ser debidos a las instalaciones o equipos, a la organización, o también al comportamiento humano inadecuado, debido este último básicamente al desconocimiento de la peligrosidad del producto o proceso químico en cuestión y a una falta de formación para seguir procedimientos de trabajo seguros.”

5.2.1. Clasificación de los riesgos

Se entiende como riesgo ⁽²⁾ el daño potencial que puede surgir por un proceso presente o acontecimiento futuro. En otras palabras, el riesgo es la posibilidad de que un peligro pueda llegar a materializarse.

Los riesgos se pueden clasificar en 6 grupos:

- Geológico: Aquel riesgo provocado por fenómenos naturales. Terremotos, aludes, etc.
- Físico: Agente, factor o circunstancia que puede causar daño con o sin contacto. Los riesgos físicos más frecuentes en el lugar de trabajo son: ruido, vibración, radiación, y temperatura y humedad.



- **Químico:** Aquel riesgo susceptible de ser producido por una exposición no controlada a agentes químicos, la cual puede producir efectos agudos o crónicos y la aparición de enfermedades. Por ejemplo, la exposición a polvos, vapores, líquidos o disolventes.
- **Biológico:** Consiste en la presencia de un organismo, o la sustancia derivada de un organismo, que plantea, sobre todo, una amenaza a la salud humana. Un claro ejemplo sería una reacción alérgica.
- **Ergonómico:** Aquel riesgo que se origina cuando la actividad laboral presenta movimientos, posturas o acciones que pueden producir daños en la salud.
- **Psicosociales:** Aquel riesgo que está originado por una deficiente organización y gestión de las tareas y por un entorno social negativo. Un ejemplo de este tipo de riesgos es el estrés.

A continuación, se exponen los riesgos más comunes en la industria química y, por tanto, más susceptibles de ocurrir en INDOXETH5.

5.2.2. Riesgo de incendio

El fuego es una reacción química de combustión basada en fenómenos de oxidación-reducción fuertemente exotérmicos que se manifiesta por un gran desprendimiento de luz y calor.

Un incendio es un fuego incontrolado que se manifiesta por un gran destello de luz y calor. Sus efectos producen lesiones personales por humo, gases tóxicos y altas temperaturas, y daños materiales en las instalaciones, las mercancías y el propio edificio.

Para la aparición de fuego, es necesario que coexistan al mismo tiempo combustible, comburente y energía de activación, además, para la producción de la llama, se considera necesario la existencia de reacciones en cadena



provocadas por la auto inflamación de los gases desprendidos por el combustible, que a su vez generan nuevos gases que al calentarse se vuelven a inflamar, y así sucesivamente. Estos cuatro elementos corresponden al *tetraedro del fuego*.

Las medidas preventivas de incendios recomendadas por Prevención SMC adoptadas por INDOXETH5 son las siguientes:

- Mantener los depósitos de combustible en lugares apartados de las zonas de trabajo y el cubrimiento de los materiales próximos con lonas ignífugas.
- Colocar medidas preventivas de sistemas de detección y extinción de incendios, como algún extintor, en las zonas más peligrosas y proclives a la creación de un incendio.
- Señalizar las áreas en las que se prohíbe fumar y hacer cumplir con dicha prohibición.
- Realizar un mantenimiento preventivo en aquellos aparatos como quemadores y sopletes para evitar goteos y fugas. En caso de que presenten un estado deficiente, sustitución de los mismos.
- Se recomienda una supervisión ocular cada cierto tiempo en zonas peligrosas y proclives a la generación de un incendio.
- Proteger y aislar el cableado de las instalaciones. Así mismo, es conveniente realizar una revisión eléctrica por profesionales de manera periódica y, si fuese necesario, renovar el circuito eléctrico.
- Realización de señalizaciones de seguridad, consistentes en una clara indicación de las zonas de almacenamiento y manejo de aquellos materiales altamente combustibles, así como de aquellos trabajos con riesgo crítico.



- Establecer una ventilación natural o forzada.
- Disponer de una conexión a tierra en aquellas máquinas que generen electricidad estática.

5.2.3. Riesgo de explosión

Según la RAE, una explosión es una liberación violenta de energía provocada por una reacción química, que produce efectos acústicos, térmicos, luminosos o mecánicos. Se pueden diferenciar tres tipos de explosiones:

- Confinadas: Aquellas que ocurren con alguna barrera de contención. Ejemplos de este tipo son las que suceden en recipientes o tuberías.
- No confinadas: Aquellas que ocurren al aire libre y generalmente son originadas por un escape rápido de un fluido inflamable junto a una dispersión moderada para formar una nube inflamable muy grande de aire e hidrocarburo.
- BLEVEs: Aquellas que ocurren cuando la temperatura de un líquido dentro de un recipiente a presión aumenta y supera la temperatura de ebullición, provocando una expansión del fluido al pasar a fase gas y un consecuente aumento de la presión que acaba superando la resistencia mecánica del recipiente. Si el fluido es combustible, se produce, además, una bola de fuego.

Dado que la planta es clasificada como ATEX, el riesgo de explosión es elevado, por lo que las medidas de prevención de explosiones adoptadas por INDOXETH5 son las siguientes:

- Disponer de equipos resistentes a la explosión (contención o confinamiento de la explosión).
- Instalar dispositivos de descarga o alivio de la presión de explosión.



- Disponer de supresores de explosiones (equipos de detección, unidades de control o de extinción).
- Realizar un aislamiento de las posibles llamas mediante apagallamas, separación de las instalaciones, etc.
- Construcción resistente al fuego y a la onda de presión.
- Realizar instalaciones, mantenimiento y revisiones para garantizar un funcionamiento correcto del proceso.

5.2.4. Riesgo de fuga

Según la RAE, una fuga es una salida o escape de un líquido o de un gas por una abertura producida accidentalmente en el recipiente que los contiene o en el conducto por el que circulan.

Se considera que las fugas son un gran riesgo en la industria química, pues pueden tratarse de fugas de sustancias inflamables o tóxicas y llegar a producir daños materiales o efectos negativos sobre la salud humana, animal y medioambiental.

Las medidas preventivas adoptadas por INDOXETH5 para disminuir el riesgo de fuga en la planta de producción son las siguientes:

- Diseñar correctamente las tuberías y minimizar los puntos de conexión.
- Mantener un distanciamiento de seguridad entre los puntos de posibles emisiones y las personas. En caso de no ser posible, se deberá disponer de recintos de seguridad en los que el personal pueda refugiarse y, al mismo tiempo, desde tales lugares poder controlar la instalación.
- Disponer de dispositivos de aislamiento por tramos, con ello se puede lograr reducir sustancialmente la fuga, siempre que ésta pueda ser



detectada con celeridad y el accionamiento de las correspondientes válvulas pueda efectuarse.

- Limitar las cantidades de sustancias peligrosas almacenadas en los lugares de trabajo a las estrictamente necesarias.
- Todo recipiente a presión deberá ser capaz de soportar la presión máxima alcanzable en las condiciones de funcionamiento.
- Considerar la posibilidad de sustituir sustancias peligrosas por otras de menos nocivas si los resultados del proceso son similares.
- Dotar de refrigeración adecuada los procesos exotérmicos.
- Seleccionar juntas de estanqueidad para las conexiones entre tuberías, equipos y accesorios.
- Disponer de sistemas de seguridad frente a sobrepresiones.
- Disponer de sistemas de contención para lograr la retención del derrame o fuga.

5.2.5. Riesgo de exposición a productos químicos

Se considera agente químico todo elemento o compuesto químico, por sí solo o mezclado. Por otro lado, se considera peligroso todo agente químico que puede representar un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores debido a sus propiedades fisicoquímicas, químicas o toxicológicas y a la forma en que se utiliza o se halla presente en el lugar de trabajo.

La exposición a un agente químico es la presencia del mismo en el lugar de trabajo y que implica el contacto de éste con el trabajador, normalmente por inhalación o por vía dérmica. Se convierte en peligro cuando este agente tiene capacidad para causar daño en la salud.



Las medidas adoptadas en INDOXETH5 para la minimización del riesgo de exposición a productos químicos son las siguientes:

- Evitar o reducir al mínimo cualquier escape, difusión al ambiente o contacto directo con el trabajador.
- Establecer una ventilación general para reducir el nivel del agente químico en el aire. Se trata de una ventilación por dilución.
- Instalar puntos de extracción localizada, de manera que se capte el agente químico en la zona, evitando así que se difunda al ambiente general de la zona de trabajo.
- Realizar controles periódicos de estos sistemas de extracción localizada.
- Instaurar el uso de equipos de protección individual.

5.2.6. Otros riesgos

Los riesgos anteriormente comentados son los principales que se dan en la industria, no obstante, hay otros riesgos que tener en cuenta.

5.2.6.1. *Caídas al mismo nivel*

Este riesgo puede presentarse durante los desplazamientos a lo largo de la jornada laboral, debido al mal estado del suelo por falta de orden y limpieza. Los daños que pueden producirse son lesiones tales como heridas, contusiones, rozaduras, torceduras, luxaciones o incluso lesiones graves como fracturas.

Las medidas adoptadas por INDOXETH5 para reducir el riesgo de caídas al mismo nivel son las siguientes:

- Mantener un buen nivel de orden y limpieza, dejando las áreas de trabajo y pasillos libres de obstáculos.



- Utilización de calzado con suela antideslizante y homologado.
- Limpieza inmediata de cualquier producto derramado accidentalmente.
- Uso de suelo homogéneo, fijo, estable y correctamente iluminado.
- Distribuir los cables de forma que queden fuera de las zonas de paso o protegerlos y/o fijarlos en el suelo para evitar tropiezos.

5.2.6.2. Caídas a distinto nivel

Las caídas a distinto nivel se dan en momentos en que se requiere el empleo de algún medio (escaleras, banquetas, etc.) para acceder a zonas elevadas o durante el uso de escaleras fijas que presenten deficiencias o debido a la presencia de obstáculos en su recorrido. Del mismo modo que las caídas al mismo nivel, estas pueden producir lesiones leves como heridas o contusiones o lesiones graves o muy graves, pudiendo incluso llegar a ocasionar la muerte en función del tipo de caída y de la altura de la misma.

Las medidas adoptadas por INDOXETH5 para minimizar este riesgo son:

- Utilizar únicamente elementos diseñados para acceder a zonas elevadas. Prohibir el uso de cajas, sillas o mesas para esa tarea.
- Revisar las escaleras de mano antes de su utilización, para comprobar su correcto estado.
- Instalación de barandillas en todas las escaleras de la planta.
- Instalación de paneles para incentivar el uso de las barandillas.
- Uso de materiales antideslizantes tanto en el calzado como en superficies con riesgo de caídas.



5.2.6.3. Atrapamiento

El riesgo de atrapamiento puede darse al estar en contacto con los elementos mecánicos de los equipos de trabajo. También puede darse en máquinas o equipos de oficinas con presencia de elementos móviles. Los daños que puede darse son principalmente lesiones leves como heridas o cortes, o bien, lesiones graves como aplastamiento, pérdida o amputación de algún miembro.

Las medidas preventivas adoptadas por INDOXETH5 para reducir estos riesgos son:

- Proveer a todos los elementos móviles de máquinas e instalaciones de los correspondientes sistemas de protección por medios mecánicos (pantallas, resguardos, etc.) que impidan el acceso a los puntos peligrosos.
- Respetar los procedimientos de trabajo establecidos, así como los indicados por el fabricante para el manejo de las máquinas y equipos de trabajo.
- Realizar operaciones de limpieza, mantenimiento y reparación de los equipos mientras están parados y a cargo del personal especializado. Nunca se deberá hacer ninguna operación con la máquina en marcha.

5.2.6.4. Caída de objetos

Este riesgo puede darse por inestabilidad, falta de anclaje, sobrecarga o mal estado de las estanterías, o por materiales indebidamente ubicados. Puede darse también durante la manipulación y transporte de cargas. Los daños que pueden derivar son lesiones leves o graves en función del peso del objeto y de la altura de la caída.

INDOXETH5 se compromete a adoptar las siguientes medidas para minimizar el riesgo de caídas de objetos:



- Evitar las sobrecargas de las estanterías.
- Colocación de los objetos más pesados en los estantes inferiores.
- Prohibir situarse bajo las cargas suspendidas.
- Utilización de elementos mecánicos tales como carritos para la manipulación de objetos pesados.
- Disponer de sistemas que impidan la apertura simultánea de más de un cajón y contar con dispositivos de bloqueo de los mismos.
- Uso de sistemas de sujeción (abrazaderas o similar) en los puntos donde sea requerido.

5.2.6.5. Choques o golpes contra objetos móviles e inmóviles

Este riesgo tiene lugar en desplazamientos por zonas con espacios reducidos, con falta de orden y limpieza, con falta de visibilidad o en zonas donde haya presencia de cantos agudos. También puede darse si existen puertas y otras estructuras sin señalizar. Pueden producir lesiones leves, principalmente en las extremidades.

Las medidas preventivas adoptadas por INDOXETH5 son las siguientes:

- Dejar siempre despejadas de obstáculos las zonas de paso.
- Respetar los sentidos de circulación establecidos en planta.
- Cerrar siempre los cajones y puertas de mesas, armarios o archivadores.



5.2.6.6. Golpes o atropellos por vehículos

Estos riesgos están asociados a los desplazamientos que se efectúan en la planta. Los daños causados por este tipo de riesgo son muy variados, pudiendo ocasionar desde lesiones leves a lesiones graves, muy graves o incluso la muerte.

Las medidas de prevención adoptadas por INDOXETH5 para evitar el riesgo de golpes o atropellos son las siguientes:

- Comprobar el correcto estado de los vehículos utilizados en la planta de producción.
- Respetar las vías de circulación establecidas.
- Establecer una formación especial para los trabajadores que deberán usar vehículos para desplazarse por la planta de producción.

5.2.6.7. Salpicaduras o proyección de sólidos

Este riesgo está presente al manipular sustancias utilizadas en las diversas actividades, donde pueden producirse proyecciones de fluidos o pequeños fragmentos de sólidos. Este riesgo suele producir lesiones leves, pero puede producir lesiones graves o muy graves en caso de afectar la cara y, sobre todo, los ojos.

Las medidas preventivas adoptadas por INDOXETH5 para reducir este riesgo son las siguientes:

- Usar gafas de seguridad o pantalla facial cuando exista el riesgo de proyección de fragmentos o salpicadura de fluidos.
- Seguir los protocolos de manipulación de cada elemento según las recomendaciones del fabricante.



- Disposición de sistemas de lavado de ojos y cara en caso de accidente.

5.2.6.8. Contacto térmico

El riesgo por contacto térmico se da cuando se está en contacto con superficies calientes o muy frías. Se produce en áreas donde no hay un correcto aislamiento térmico. Los daños ocasionados por este riesgo son quemaduras por calor o por frío y pueden ser leves, graves o muy graves en función de su extensión y profundidad.

Las medidas preventivas adoptadas por INDOXETH5 son:

- Aislar correctamente todos los equipos, tuberías y otros aparatos que se encuentren a temperaturas diferentes a la temperatura ambiental.
- Seguir los procedimientos de trabajo establecidos cuando se trabaje con materiales o equipos que puedan producir quemaduras.
- Usar pinzas o guantes térmicos que protejan de las temperaturas extremas en caso de tener que manipular objetos a esas temperaturas.
- Poner señalización de manera visible en los equipos u objetos sujetos a temperaturas extremas.

5.2.6.9. Contacto eléctrico

El riesgo de contacto eléctrico puede producirse en las instalaciones eléctricas, así como equipos de oficinas. Pueden producir lesiones leves como calambres, contracciones musculares, irregularidades cardíacas o bien lesiones graves o muy graves.

Las medidas preventivas adoptadas por INDOXETH5 para reducir el riesgo por contacto eléctrico son las siguientes:



- Controles periódicos para asegurar el correcto estado de los equipos, aparatos e instalaciones eléctricas.
- En caso de fallo o anomalía, desconectar inmediatamente la corriente eléctrica.
- No modificar ni alterar los dispositivos de seguridad de los equipos.
- No realizar conexiones de los equipos con improvisaciones. Seguir siempre los protocolos establecidos.
- No utilizar enchufes intermedios o alargadores sin toma de tierra para conectar y, en caso de ser necesario, asegurarse de no sobrecargar la instalación.
- Los equipos deben ser instalados, mantenidos y reparados por personal autorizado.
- Evitar el contacto con equipos mojados o con partes del cuerpo mojadas.
- En caso de presenciar una electrocución, no tocar al accidentado sin antes haber desconectado la electricidad.

5.2.6.10. Exposición al ruido

La exposición al ruido es un riesgo que se da en las zonas productivas, donde se genera mayor ruido y vibración debido a los equipos en funcionamiento. Los daños asociados a este riesgo son daños auditivos que pueden llevar a la pérdida completa de la audición.

Para la prevención de este riesgo, INDOXETH5 se compromete a adoptar las siguientes medidas:

- Procurar usar máquinas y equipos con menor generación de ruido.



- Realizar revisión y mantenimiento periódico de equipos, máquinas y otros elementos del proceso.
- Aislar sonoramente las fuentes de mayor ruido.
- Delimitar y señalizar las zonas de mayor exposición al ruido.
- Uso de EPI adecuados al nivel sonoro de cada zona.
- Revisiones médicas periódicas a los empleados para controlar su salud auditiva.

5.3. Análisis zona geo-climática

5.3.1. Actividad sísmica

Antes de la construcción de una planta como la de INDOXETH5 es necesario llevar a cabo un análisis de la actividad sísmica para determinar las medidas de seguridad y el tipo de construcción que se requerirá para minimizar los posibles daños causados por un terremoto.

Para dicho estudio de sismicidad se usa la normativa de construcción sismo-resistente englobado en el Real Decreto 997/2002. Esta normativa tiene como objetivo principal proporcionar los criterios a usar dentro del territorio estatal para tener en cuenta la sismicidad en los proyectos de construcción, conservación y reforma, y así, evitar posibles pérdidas materiales y humanas. Siguiendo esta normativa y su clasificación, la planta de INDOXETH5 pertenece a las construcciones de importancia especial, ya que su destrucción por terremoto puede dar lugar a efectos catastróficos debido al gran volumen de producción de la planta y a las características de los compuestos con que se trabaja.

A pesar de ello, en este proyecto se puede aplicar una de las excepciones de la norma para construcciones con importancia normal o especial cuando la

sismicidad sea inferior a 0.04 g. Este sería el caso de edificios que su destrucción puede causar daños graves pero que están situados donde la actividad sísmica es prácticamente nula. Para poder aplicar dicha excepción en este proyecto, antes es imprescindible llevar a cabo un estudio de la sismicidad de los últimos años en la zona donde se ubicará la planta.

Como ya se ha explicado anteriormente, la planta de INDOXETH5 se sitúa en el municipio de la Canonja. La (Figura 5.3.1) ⁽³⁾ muestra la peligrosidad sísmica de España según el Instituto Geográfico Nacional. Si esa imagen se centra en Catalunya, se puede observar cómo la zona de la Canonja (Tarragona) está dentro de los rangos de una aceleración sísmica de entre 0.04 y 0.08 g, por lo que la planta de INDOXETH5 deberá cumplir la normativa de construcción NCSE-02.

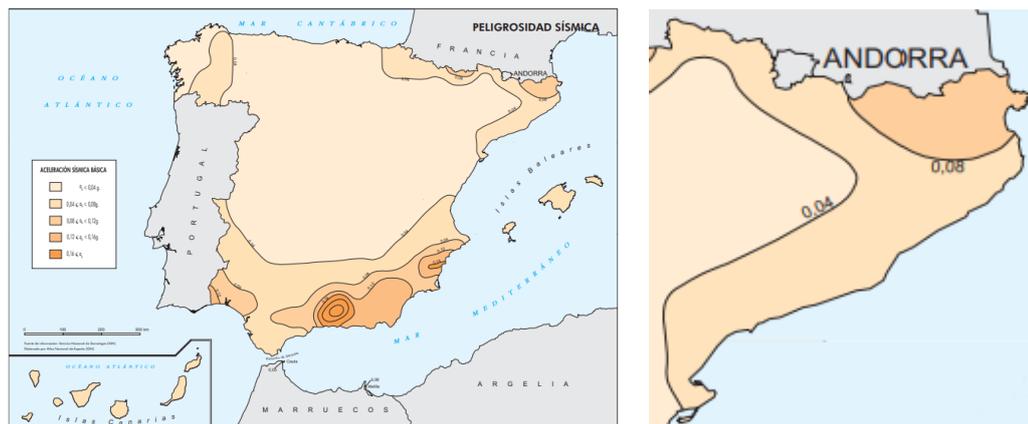


Figura 5.3.1. Peligrosidad sísmica en España según el Instituto Geográfico Nacional y la ampliación sobre Catalunya.

A pesar de que las características de la zona muestran un rango entre 0.04 y 0.08 g y ya se ha nombrado la normativa que se deberá aplicar, observando la (Figura 5.3.2) ⁽⁴⁾, se puede ver el mapa sismológico de Catalunya a lo largo de la historia, proporcionado por el *Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya*, y se llega a la conclusión de que en los últimos años en la zona de Tarragona la actividad sísmica ha sido prácticamente nula y, por lo tanto, se trata de una zona tranquila, sísmicamente hablando.

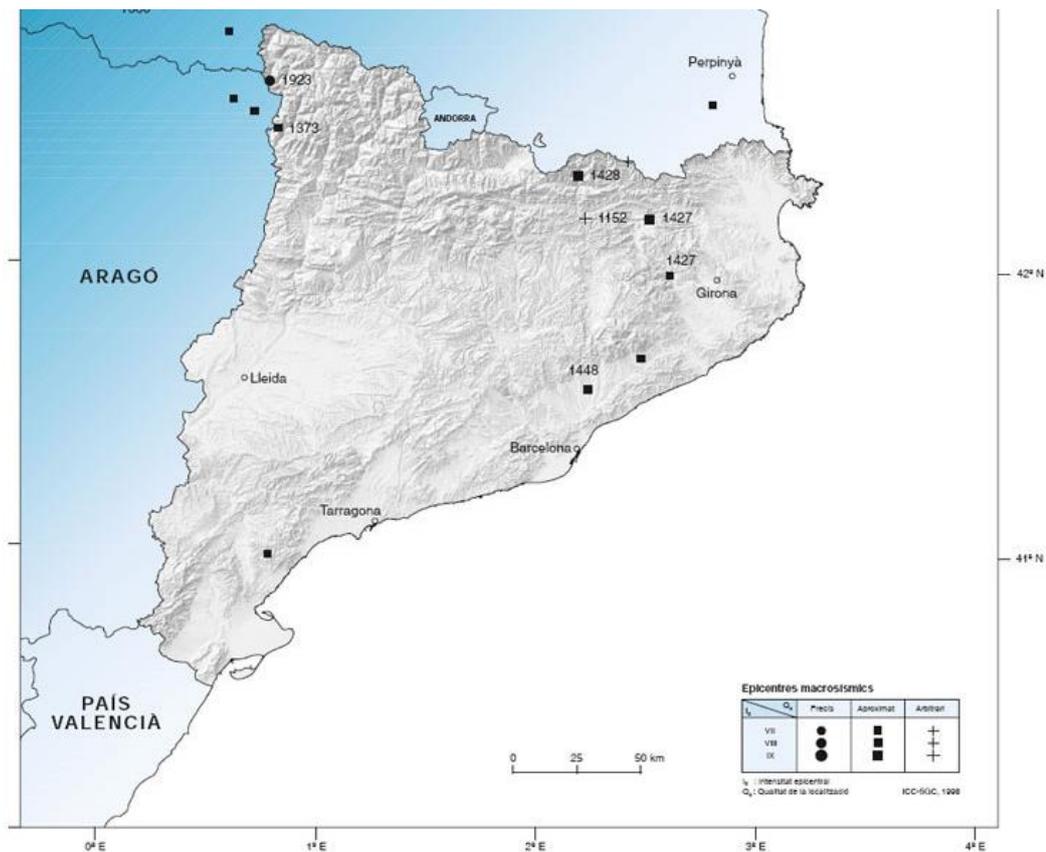


Figura 5.3.2. Mapa histórico sísmico de Catalunya. ⁽⁴⁾

Por último, no se puede acabar un estudio sísmico sin tener en cuenta el tipo de suelo en el que se construirá la planta. Dependiendo del suelo, la peligrosidad puede aumentar, ya que un suelo más blando, se deberá construir y proporcionar las medidas adicionales necesarias. Aun así, no es el caso según la (Figura 5.3.3) ⁽⁵⁾ del *Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya*.

INDOXETH5 se construye sobre un suelo tipo A y Roca (según la Generalitat de Catalunya) o de tipo I (según el RD 997/2002), que corresponde a rocas compactas, suelo cementado o granular muy denso. Este tipo de suelos no representan ningún problema y, por lo tanto, no se debe tener en cuenta ninguna medida de construcción especial más allá de las ya comentadas.

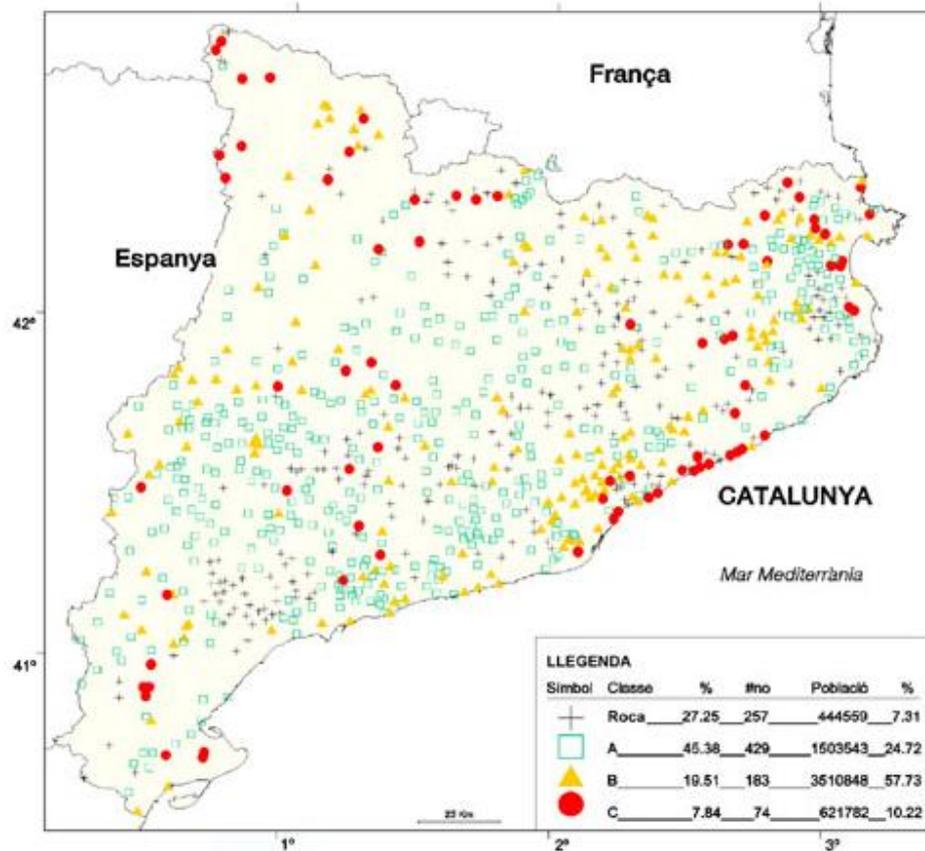


Figura 5.3.3. Mapa de tipos de suelo de Catalunya.

5.3.2. Inundaciones

El riesgo de inundaciones es otro factor a tener en cuenta a la hora de construir la planta, ya que en caso de que la planta se inunde, puede contaminar y/o reaccionar con las sustancias con las que se trabaja en el proceso productivo, o provocar averías en los distintos equipos de la planta.

En la (Figura 5.3.4) ⁽⁶⁾ se observa que el peligro de inundación en la zona de Tarragona o la Canonja es muy alto. Por lo tanto, teniendo en cuenta la peligrosidad de inundaciones y la hidrología de la zona, la planta deberá estar dotada de las medidas de seguridad necesarias para minimizar las consecuencias en caso de inundación.

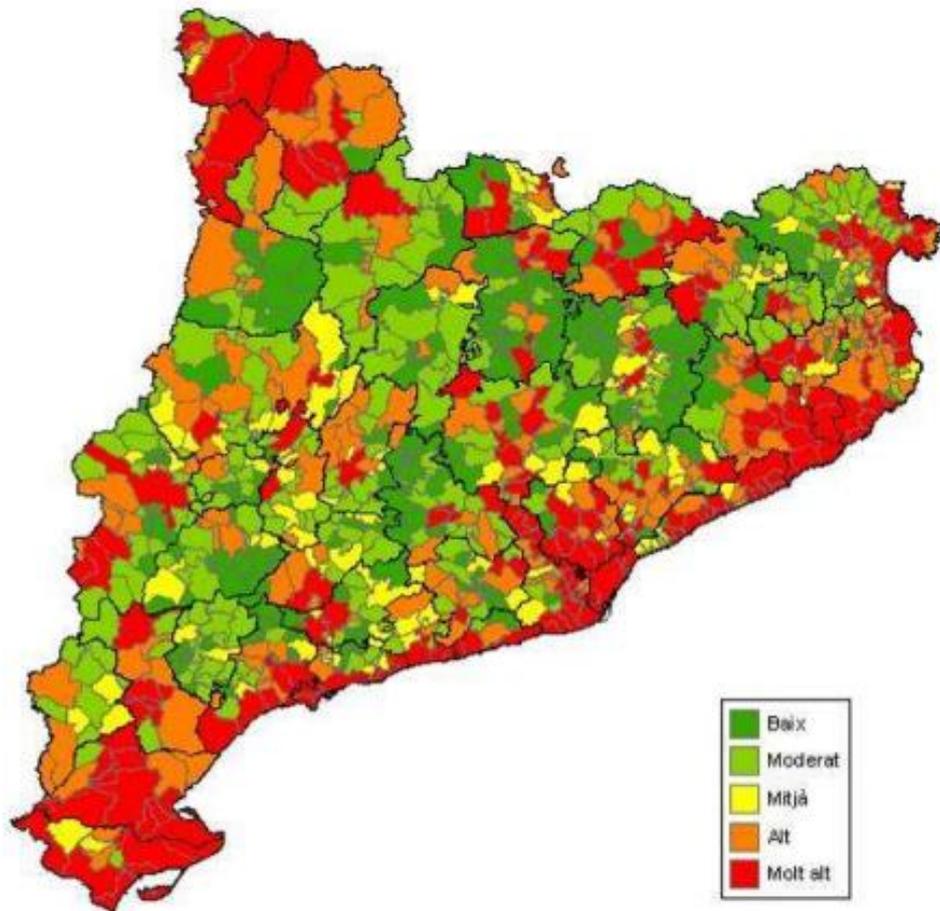


Figura 5.3.4. Mapa de peligrosidad por inundación de Catalunya.

Las medidas de seguridad necesarias en las instalaciones no solo irán en función de la peligrosidad de la zona ⁽⁷⁾, sino también en función de las características del comportamiento de dichas inundaciones, como el calado de agua, su velocidad, el caudal de sólido asociado o las duraciones de las inundaciones. En función de toda esta información se construirá la instalación, se harán planes de contingencia y previsiones de peligro.

La primera y más importante fuente de seguridad es la previsión de dichas inundaciones en función de la meteorología e hidrología. Para adaptar, en función de la posibilidad de inundación, el trabajo y las características de la planta.



A partir de esa información se crearán medidas para la actuación frente inundaciones. Para ello es fundamental la definición y planificación de los siguientes aspectos:

- Aviso e información a la población.
- Control de accesos y mantenimiento del orden en las áreas afectadas.
- Salvamento y rescate de personas.
- Evacuación y albergue.
- Abastecimiento y control sanitario.
- Asistencia sanitaria y asistencia social.
- Levantamiento de diques provisionales y otros obstáculos que eviten o dificulten el paso de las aguas.
- Reparación de urgencia de los daños ocasionados en diques y obras de protección.
- Eliminación de obstáculos y obstrucciones en vías de desagües.
- Restablecimiento de los servicios básicos de la comunidad afectada.

A partir de estos puntos, se hará un plan de emergencia que constará de las siguientes partes:

- Fase pre-emergencia: Fase caracterizada por la existencia de información sobre la posibilidad de sucesos capaces de formar inundaciones.
- Fase de emergencia: Esta fase tendrá su inicio cuando el análisis de los parámetros concluya en que la inundación es inminente o ya ha comenzado.
- Fase de normalización: Fase consecutiva a la de emergencia, que se prolongará hasta el restablecimiento de las condiciones mínimas imprescindibles para un retorno a la normalidad.

En España, mediante el Real Decreto 407/1992 se aprobó la Norma Básica de Protección Civil. En dicha Norma Básica se dispone de los Planes Especiales para emergencias, dentro de ellas, las inundaciones. Por lo tanto, los planes de emergencia de INDOXETH5 frente a inundaciones serán elaborados a partir de la Directriz Básica de este Real Decreto.

5.4. Proceso de construcción

Antes de que la planta se ponga en marcha, obviamente, se debe construir. No por ser un trabajo ajeno a los trabajadores de INDOXETH5 se debe desproteger o no tener en cuenta la seguridad en esos momentos. Por ese motivo, durante el proceso de construcción se deberán seguir también unos estándares de seguridad marcados por INDOXETH5, además de los marcados por la constructora.

La planta de fabricación de óxido de etileno se ubica, como ya se ha comentado, en la Canonja, Tarragona, en un polígono industrial llamado “Gases Nobles”. La parcela dispone de 53.235 m² de superficie.

El proceso de construcción se divide en 4 etapas:

- Reconocimiento de la zona: En este primer paso, la empresa constructora contratada analizará si la parcela es viable para la construcción que se le pide y se asegurará de disponer todos los medios necesarios, para poder poner un precio a la obra.
- Organización: Una vez validado el proyecto, se detallará la construcción de la planta: timing, materiales, estructuras, etc. Y se acotarán las normas de seguridad.
- Licencias: Una vez detallado el proyecto, se deberán solicitar las licencias y autorizaciones legales vigentes.
- Organización de la obra: Este último, es el primer paso físico de construcción de la obra. Una vez realizados los tres pasos anteriores, se puede empezar la organización y construcción de la obra.

Para realizar dicho trabajo, el primer punto a tener en cuenta es la contratación de personal cualificado, de esta manera aseguras un trabajo realizado correctamente y con seguridad. También es muy importante que la maquinaria y los medios auxiliares estén en buenas condiciones y con las revisiones



periódicas realizadas. Aun así, no solamente con personal bien cualificado y maquinaria en buenas condiciones se consigue trabajar con seguridad, se debe realizar un estudio para llevar a cabo la construcción de forma rápida, eficiente y segura. Para ello se estudiarán los riesgos que conlleva una construcción de este tamaño.

- Caídas del personal o maquinaria.
- Desprendimiento de materiales y equipos.
- Vibraciones, ruidos intensos y polvo.
- Sobreesfuerzos del personal.
- Golpes, cortes o heridas.
- Atropellamiento con la maquinaria empleada en la construcción.
- Contacto directo con electricidad.
- Posibles incendios.
- Riscos derivados de la meteorología.

Una vez realizado dicho estudio, se determinan medidas preventivas para minimizarlos. Las medidas preventivas son las siguientes:

- Almacenamiento correcto de los equipos y materiales.
- Colocación de medios de seguridad necesarios.
- Señalización de todas las áreas de trabajo y todos los peligros posibles.
- Correcta utilización y revisión de los equipos.
- Correcta formación del personal.
- Uso de los equipos de protección individual (EPI's) en buen estado.
- Supervisión por parte de un cargo superior de todos los trabajos y de que se cumplan las medidas preventivas.

Si durante la construcción de la planta se siguen estas medidas preventivas, el personal está cualificado, la maquinaria y equipos están en buen estado y se trabaja correctamente, se minimizarán al máximo los posibles problemas de seguridad.



5.5. Sustancias químicas

Se entiende como sustancia química ⁽⁸⁾ aquella materia con una composición química definida, compuesta por sus entidades: moléculas, unidades formularias y átomos. Una sustancia no puede separarse en otras por ningún medio mecánico.

En este apartado, identifican y clasifican las sustancias presentes en el proceso productivo del óxido de etileno.

5.5.1. Clasificación de las sustancias químicas del proceso

Una sustancia peligrosa ⁽⁹⁾ es aquella que presenta algún riesgo para la salud, para la seguridad o para el medio ambiente.

Se pueden clasificar como:

- Explosivas: Sustancias que pueden reaccionar de forma exotérmica con rápida formación de gases y que, en determinadas condiciones de ensayo, detonan, deflagran rápidamente o bajo el efecto del calor, en caso de confinamiento parcial, explotan.
- Comburentes: Sustancias que, en contacto con otras sustancias, en especial inflamables, producen una reacción fuertemente exotérmica.
- Inflamables: Sustancias que sus vapores arden con facilidad al mezclarse con el aire.
- Tóxicas: Sustancias que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden provocar dolencias, riesgos graves, agudos o crónicos e incluso la muerte.
- Corrosivas: Sustancias que en contacto con el tejido vivo pueden ejercer una acción destructiva del mismo.



- Irritantes: Sustancias no corrosivas que, por contacto inmediato, prolongado o repetido con la piel o las mucosas pueden provocar una reacción inflamatoria.
- Sensibilizantes: Sustancias que por inhalación o penetración cutánea pueden ocasionar una reacción del sistema inmune (hipersensibilización), de manera que una exposición posterior a esta sustancia de lugar a una serie de efectos negativos característicos.
- Cancerígenas: Sustancias que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden producir defectos genéticos hereditarios o aumentar su frecuencia.
- Tóxicos para la reproducción: Sustancias que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden producir efectos negativos no hereditarios en la descendencia o aumentar su frecuencia, y/o afectar de manera negativa a la función o a la capacidad reproductora del macho o hembra.
- Peligrosas para el ambiente: Sustancias que, en caso de contacto con el medio ambiente, suponen o pueden suponer un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del mismo.

Con las categorías definidas, se procede a la clasificación de las sustancias utilizadas en el proceso de producción del óxido de etileno. Se muestra en la (Tabla 5.5.1) la clasificación realizada a partir de la información extraída de sus respectivas fichas técnicas.

Tabla 5.5.1. Clasificación de las sustancias químicas del proceso de producción de óxido de etileno.

Sustancia	Categoría
Etileno	Inflamable, explosivo y tóxico
Oxígeno	Comburente e irritante
Óxido de etileno	Inflamable, explosivo, tóxico, irritante, cancerígeno y mutágeno
Dióxido de carbono	Riesgo de asfixia

Sustancia	Categoría
Nitrógeno gas	Riesgo de asfixia y posible estallido en caso de incremento brusco de presión
Nitrógeno líquido	Riesgo de asfixia y de congelación y quemaduras graves

A continuación, en la (Figura 5.5.1) se muestran los pictogramas ⁽¹⁰⁾ asociados a cada categoría de sustancia química peligrosa.



Figura 5.5.1. Pictogramas de peligro de las sustancias químicas.

5.5.2. Fichas técnicas

La información esencial de seguridad y salud de sustancias químicas está recogida en las Fichas Internacionales de Seguridad Química (FISQ) ⁽¹¹⁾. Se muestran a continuación en las (Figuras 5.5.2, 5.5.3, 5.5.4, 5.5.5, 5.5.6 y 5.5.7) las fichas de seguridad de las sustancias químicas presentes en la producción de óxido de etileno en INDOXETH5.



5/6/2020

ICSC 0475 - ETILENO, PURO

ETILENO, PURO Eteno	ICSC: 0475 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). Utilícese 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 Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 2.1
ALMACENAMIENTO	
A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes.	
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



5/6/2020

ICSC 0475 - ETILENO, PURO

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		
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): VLA-ED: 200 ppm - N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 601-010-00-3 - Clasificación UE Pictograma: F+; R: 12-67; S: (2)-9-16-33-46</p>		
 <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, INSSST, 2018</p>

Figura 5.5.2. Ficha de seguridad del etileno puro.



5/6/2020

ICSC 0138 - OXÍGENO

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	



5/6/2020

ICSC 0138 - OXÍGENO

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</p> <p>Masa molecular: 32.0</p> <p>Punto de ebullición: -183°C</p> <p>Punto de fusión: -218.4°C</p> <p>Solubilidad en agua, ml/100ml a 20°C: 3.1</p> <p>Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.1</p> <p>Coefficiente 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		
<p>Los síntomas por inhalación son característicos de la exposición a concentraciones extremadamente altas únicamente. Ver también FISQ 0880 Oxígeno (líquido refrigerado).</p>		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
<p>- Nº de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 008-001-00-8</p> <p>- Clasificación UE</p> <p>Pictograma: O; R: 8; S: (2)-17</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.</p> <p>© Versión en español, INSSST, 2018</p>

Figura 5.5.3. Ficha de seguridad del oxígeno.

5/6/2020

ICSC 0155 - ÓXIDO DE ETILENO

ÓXIDO DE ETILENO 1,2-Epoxietano Oxirano Óxido de dimetileno	ICSC: 0155 Julio 2015
CAS: 75-21-8 Nº ONU: 1040 CE: 200-849-9	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Extremadamente inflamable. Las mezclas gas/aire son explosivas. Riesgo de incendio y explosión como resultado de la descomposición cuando se calienta.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. 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 polvo, espuma resistente al alcohol, agua pulverizada, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

¡EVITAR TODO CONTACTO! ¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Tos. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas. Dolor de garganta. Vómitos. Debilidad.	Usar sistema cerrado o ventilación.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	¡PUEDE ABSORBERSE! Congelación. Enrojecimiento. Dolor.	Guantes de protección. Guantes aislantes del frío. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa.	Utilizar 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. Lavarse las manos antes de comer.	

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
¡Evacuar la zona de peligro! ¡Consultar a un experto! Protección personal: traje hermético de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. Ventilar. NO verterlo en el alcantarillado. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido. Eliminar el gas con agua pulverizada.	<p>Conforme a los criterios del GHS de la ONU</p>  <p>PELIGRO</p> <p>Gas extremadamente inflamable Contiene gas a presión; puede explotar si se calienta Tóxico si se inhala Provoca irritación ocular grave Provoca irritación cutánea Puede irritar las vías respiratorias Puede provocar defectos genéticos Puede provocar cáncer</p>
ALMACENAMIENTO	
A prueba de incendio. Fresco.	
ENVASADO	<p>Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 2.3; Peligro Secundario ONU: 2.1</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



www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=155&p_edit=&p_version=2&p_lang=es

1/3

5/6/2020

ICSC 0155 - ÓXIDO DE ETILENO

ÓXIDO DE ETILENO		ICSC: 0155
INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA		
<p>Estado físico; aspecto GAS INCOLORO COMPRIMIDO LICUADO DE OLOR CARACTERÍSTICO.</p> <p>Peligros físicos El gas es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante.</p> <p>Peligros químicos La sustancia puede polimerizar por calentamiento intenso, bajo la influencia de ácidos, bases, cloruros de metales y óxidos metálicos. Esto genera peligro de incendio o explosión. Se descompone por encima de 560°C en ausencia de aire. Esto genera peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con muchos compuestos.</p>	<p>Fórmula: C₂H₄O</p> <p>Masa molecular: 44.1</p> <p>Punto de ebullición: 11°C</p> <p>Punto de fusión: -111°C</p> <p>Densidad relativa (agua = 1): 0.9</p> <p>Solubilidad en agua: miscible</p> <p>Presión de vapor, kPa a 20°C: 146</p> <p>Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.5</p> <p>Punto de inflamación: gas inflamable</p> <p>Temperatura de autoignición: 429°C</p> <p>Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 3-100</p> <p>Coefficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.3</p>	
EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD		
<p>Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación y a través de la piel.</p> <p>Efectos de exposición de corta duración El vapor irita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Las disoluciones acuosas pueden causar ampollas cutáneas. La evaporación rápida del líquido puede producir congelación.</p>	<p>Riesgo de inhalación Al producirse una pérdida de gas, se alcanzará muy rápidamente una concentración nociva del mismo en el aire.</p> <p>Efectos de exposición prolongada o repetida El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel. La inhalación prolongada o repetida puede originar asma. La sustancia puede afectar al sistema nervioso. Esta sustancia es carcinógena para los seres humanos. Puede causar daño genético hereditario en células germinales humanas.</p>	
LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL		
<p>TLV: 1 ppm como TWA; A2 (sospechoso de ser cancerígeno humano).</p> <p>EU-OEL: 1.8 mg/m³, 1 ppm como TWA; (piel).</p> <p>MAK: absorción dérmica (H); cancerígeno: categoría 2; mutágeno: categoría 2</p>		
MEDIO AMBIENTE		
La sustancia es nociva para los organismos acuáticos.		
NOTAS		
<p>Ninguna persona que haya mostrado síntomas de asma causados por esta sustancia debería volver a entrar en contacto con ella. Los síntomas de asma no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles.</p> <p>Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape. La alerta por el olor cuando se supera el límite de exposición es insuficiente.</p>		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
<p>- Límites de exposición profesional (INSHT 2015): VLA-ED: 1 ppm; 1,8 mg/m³ C1B (Sustancia carcinogénica de categoría 1B) M1B (Sustancia mutagénica de categoría 1B)</p> <p>Notas: esta sustancia tiene establecidas restricciones a la fabricación, la comercialización o el uso especificadas en el Reglamento REACH.</p> <p>- Nº de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 603-023-00-X</p> <p>- Clasificación UE Pictograma: F+, T, R: 45-46-12-23-36/37/38; S: 53-45; Nota: E</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.</p> <p>© Versión en español, IINSST, 2018</p>

Figura 5.5.4. Ficha de seguridad del óxido de etileno.



5/6/2020

ICSC 0021 - DIÓXIDO DE CARBONO

DIÓXIDO DE CARBONO Gas carbónico Anhídrido carbónico	ICSC: 0021 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.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU
ALMACENAMIENTO	 ATENCIÓN Contiene gas refrigerado; puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas Puede ser nocivo si se inhala
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



European
Commission



5/6/2020

ICSC 0021 - DIÓXIDO DE CARBONO

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</p> <p>Masa molecular: 44.0</p> <p>Punto de sublimación: -79°C</p> <p>Solubilidad en agua, ml/100ml a 20°C: 88</p> <p>Presión de vapor, kPa a 20°C: 5720</p> <p>Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.5</p> <p>Coefficiente 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. Otros números ONU: ONU 1845 dióxido de carbono, sólido (Hielo seco); ONU 2187 dióxido de carbono líquido refrigerado.</p>		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
<p>- Límites de exposición profesional (INSHT 2011): VLA-ED: 5000 ppm; 9150 mg/m³ - Clasificación UE</p>		
 <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, INSSST, 2018</p>

Figura 5.5.5. Ficha de seguridad del dióxido de carbono.



5/6/2020

ICSC 1199 - NITRÓGENO (líquido refrigerado)

NITRÓGENO (líquido refrigerado)	ICSC: 1199
Nitrógeno líquido Nitrógeno (licuado) Nitrógeno (líquido criogénico)	Marzo 1999
CAS: 7727-37-9 Nº ONU: 1977 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.

	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Asfixia. Ver Notas.	Usar ventilación.	Aire limpio, reposo. Puede ser necesaria respiración artificial. Proporcionar asistencia médica.
Piel	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Gautes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Dolor. Quemaduras profundas graves. Además ver Piel.	Utilizar gafas de protección de montura integral.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión			

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Ventilar. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido. Protección personal: traje de protección química, incluyendo 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. Mantener en lugar bien ventilado.	
ENVASADO	
Botella especial con aislamiento.	

<p>Organización Internacional del Trabajo</p>	<p>Organización Mundial de la Salud</p>	<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</p>	<p>European Commission</p>
---	---	---	----------------------------



5/6/2020

ICSC 1199 - NITRÓGENO (líquido refrigerado)

NITRÓGENO (líquido refrigerado)		ICSC: 1199
INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA		
Estado físico; aspecto LÍQUIDO INODORO INCOLORO EXTREMADAMENTE FRÍO.	Fórmula: N ₂ Masa molecular: 28.01 Punto de ebullición: -196°C Punto de fusión: -210°C Densidad (en el punto de ebullición del líquido): 0.808 kg/l Solubilidad en agua: escasa	
Peligros físicos El gas es más denso que el aire y puede acumularse en las zonas más bajas produciendo una deficiencia de oxígeno.		
Peligros químicos		
EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD		
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación.	Riesgo de inhalación Al producirse pérdidas en zonas confinadas, esta sustancia puede originar riesgo grave de asfixia. Ver Notas.	
Efectos de exposición de corta duración El líquido puede producir congelación.	Efectos de exposición prolongada o repetida	
LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL		
MEDIO AMBIENTE		
NOTAS		
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.		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
- Límites de exposición profesional (INSHT 2012): Notas: asfixiante simple. - Clasificación UE		
 GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE TRABAJO, MIGRACIONES Y SEGURIDAD SOCIAL	 Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo 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, INSSST, 2018

Figura 5.5.6. Ficha de seguridad del nitrógeno líquido.



5/6/2020

ICSC 1196 - NITRÓGENO (gas comprimido)

NITRÓGENO (gas comprimido)		ICSC: 1196 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	<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</p>	



5/6/2020

ICSC 1198 - NITRÓGENO (gas comprimido)

NITRÓGENO (gas comprimido)		ICSC: 1198
INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA		
Estado físico; aspecto GAS INODORO INCOLORO COMPRIMIDO.	Fórmula: N ₂ 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	
Peligros físicos		
Peligros químicos		
EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD		
Vías de exposición La sustancia se puede absorber por inhalación.	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.	
Efectos de exposición de corta duración	Efectos de exposición prolongada o repetida	
LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL		
MEDIO AMBIENTE		
NOTAS		
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.		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
- Límites de exposición profesional (INSHT 2012): Notas: asfixiante simple. - Clasificación UE		
		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

Figura 5.5.7. Ficha de seguridad del nitrógeno comprimido.



5.6. Almacenaje de productos químicos

En INDOXET5 los productos químicos almacenados se encuentran en el área A-600, en conjunto con las estaciones de carga y descarga, por lo que esta zona y sus componentes deben estar preparados tanto como para cumplir la normativa vigente, como para soportar los posibles peligros y accidentes que pongan en riesgo la salud del personal o las infraestructuras de la planta.

Con el fin de especificar las medidas y protocolos necesarios, se recoge en los siguientes subapartados la información empleada en el diseño de esta zona.

5.6.1. Normativa aplicable

En el almacenamiento de sustancias químicas se rige actualmente por el Real Decreto 656/2017, el cual aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10. El objetivo de este reglamento consiste en establecer las condiciones de seguridad de las instalaciones de almacenamiento, carga, descarga y trasiego de productos químicos peligrosos.

Más específicamente se aplicarán: la instrucción técnica MIE APQ 1 «Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles en recipientes fijos» para los parámetros referentes al tanque de almacenamiento de nitrógeno criogénico y la instrucción técnica MIE APQ 2 «Almacenamiento de óxido de etileno en recipientes fijos» para los tanques T601a, T601b, T602a y T602b.

Conjuntamente a estos documentos, se han consultado las Directrices para la Distribución de Óxido de Etileno, del *Ethylene Oxide and Derivatives CEFIC Sector Group*, y el *Product Stewardship Manual, del American Chemistry Council's Ethylene Oxide Panel Ethylene Oxide Safety Task Group (STG)*, siempre teniendo en cuenta que su fin es meramente informativo y no representa ninguna regla ni obligación legal, quedando sujeto a la normativa actual.



5.6.2. Consideraciones generales

Para el diseño de los tanques de almacenamiento de óxido de etileno, se han tenido en cuenta los siguientes parámetros físicos:

- El óxido de etileno se almacena en estado líquido refrigerado, a 5°C, bajo presión de nitrógeno de pureza mayor al 99.99% como gas inerte. La presión del interior del tanque no puede disminuir por debajo de los 4 bar, por lo que los recipientes se mantendrán en todo momento a 5 bar mediante la entrada de nitrógeno cuando tienda a bajar o su venteo a un sitio seguro cuando suba.
- Las condiciones de almacenamiento se mantendrán de tal forma que su temperatura y presión de almacenamiento nunca pasen la zona de seguridad marcada en la (Figura 5.6.1).
- En ningún momento se superará el llenado máximo de 0.78 kg de óxido de etileno por decímetro cúbico de recipiente.
- Para el fluido refrigerante, su presión será inferior a la del óxido de etileno, además de no contener ni productos ni aditivos que puedan provocar la polimerización del óxido de etileno.
- El material de construcción de los tanques será acero inoxidable, protegido por una capa de aislante térmico ignífugo donde no pueda embeberse el óxido de etileno (en este caso se ha utilizado vidrio celular de 40mm de grosor, recubierto por una capa de acero inoxidable) y capaz de proteger contra la corrosión por condensación.

El tanque de nitrógeno líquido, al ser suministrado por la empresa CARBUROS METÁLICOS, ya estará diseñado siguiendo la normativa correspondiente, por lo que solo será necesaria la preparación de su zona de emplazamiento y carga.

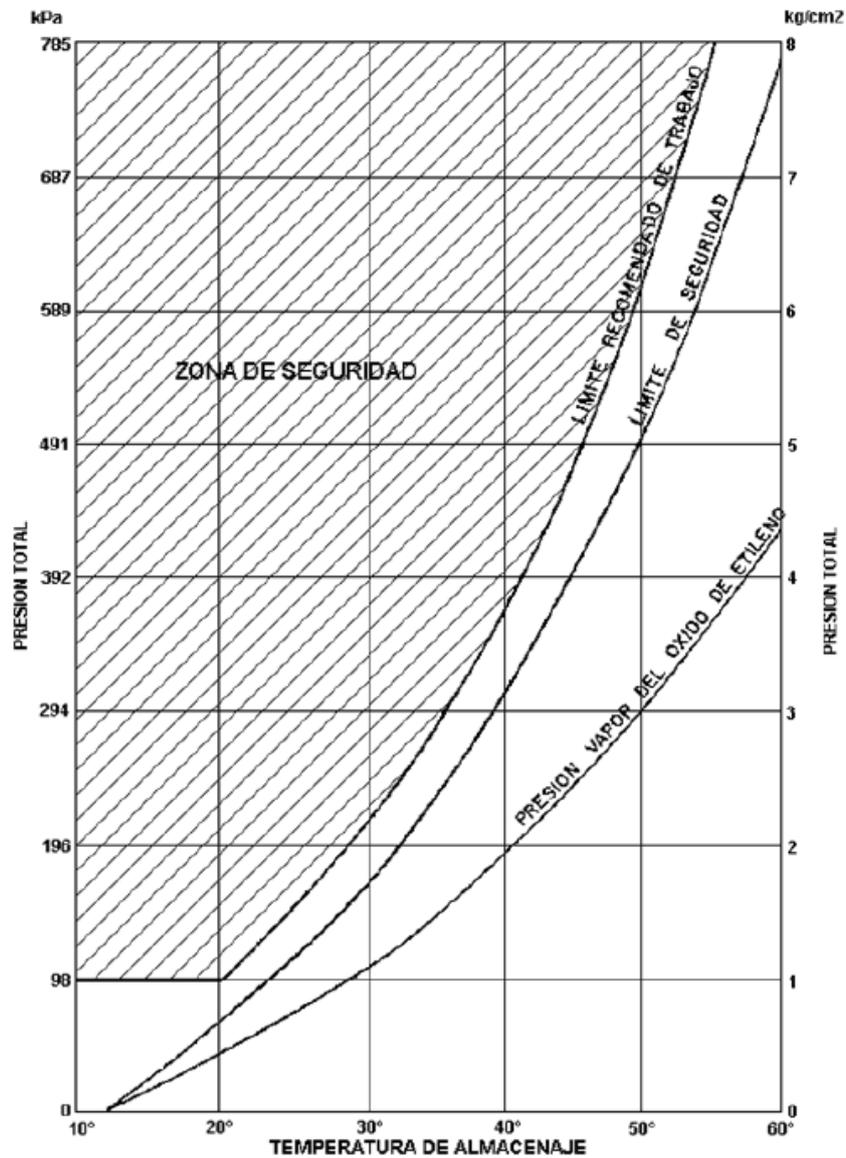


Figura 5.6.1 Condiciones de almacenamiento del óxido de etileno.

5.6.3. Incompatibilidad entre sustancias almacenadas

El almacenamiento de sustancias en el área A-600, consiste principalmente en los tanques de óxido de etileno y el tanque de nitrógeno, aunque si las necesidades del proceso lo requiriesen, sería imprescindible que todas las sustancias se mantuviesen almacenadas en condiciones seguras, evitando cualquier posible riesgo provocado por incompatibilidad entre ellos.

Del documento de *Almacenamiento de productos químicos. Orientaciones para la identificación de los requisitos de seguridad en el almacenamiento de productos químicos peligrosos*, del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, se han extraído las (Figuras 5.6.2 y 5.6.3), las cuales presentan las relaciones de incompatibilidad entre diferentes sustancias según su peligrosidad.

(1) (2)								
	(1) (2)			(1) (3) (4)		(1)		
		(1)				(1)		
			(1) (5)					
	(1) (3) (4)			(1)	(1)	(1)	(1)	
				(1)	(1)	(1)	(1)	
	(1)	(1)		(1)	(1)	(1)	(1)	
				(1)	(1)	(1)	(1)	

■ ALMACENAMIENTO NO PERMITIDO
 ■ ALMACENAMIENTO PERMITIDO CON RESTRICCIONES

Figura 5.6.2. Tabla de incompatibilidades en el almacenaje conjunto de productos químicos. 1/2

CLASES Y CATEGORÍAS DE PELIGRO REPRESENTADOS POR LOS PICTOGRAMAS CONFORME AL REGLAMENTO CLP

	EXPLOSIVOS; AUTORREACTIVOS (TIPO A Y B); PERÓXIDOS ORGÁNICOS (TIPO A Y B)
	GASES INFLAMABLES; AEROSLES INFLAMABLES; LÍQUIDOS INFLAMABLES; SÓLIDOS INFLAMABLES; AUTORREACTIVOS (TIPO C, D, E Y F); LÍQUIDOS Y SÓLIDOS PIROFÓRICOS; PRODUCTOS QUE SE CALIENTAN ESPONTANEAMENTE; PRODUCTOS QUE, EN CONTACTO CON EL AGUA, EMITEN GASES INFLAMABLES; PERÓXIDOS ORGÁNICOS (TIPO C, D, E Y F)
	GASES COMBURENTES; LÍQUIDOS COMBURENTES; SÓLIDOS COMBURENTES
	GASES A PRESIÓN
	CORROSIVO PARA METALES; CORROSIVO CUTÁNEO (CATEGORÍA 1A, 1B Y 1C); CAUSA LESIONES OCULARES (CATEGORÍA 1)
	TÓXICO AGUDO (CATEGORÍA 1, 2 Y 3)
	TÓXICO AGUDO (CATEGORÍA 4); IRRITANTE CUTÁNEO (CATEGORÍA 2); IRRITANTE OCULAR (CATEGORÍA 2); SENSIBILIZANTE CUTÁNEO (CATEGORÍA 1 y SUBCATEGORÍA 1A Y 1B); TÓXICO SISTEMÁTICO ESPECÍFICO SOBRE DETERMINADOS ÓRGANOS (CATEGORÍA 3)
	SENSIBILIZANTE RESPIRATORIO (CATEGORÍA 1 y SUBCATEGORÍAS 1A Y 1B); MUTAGÉNICO; CARCINOGENICO; TÓXICO PARA LA REPRODUCCIÓN (CATEGORÍAS 1A, 1B Y 2); TÓXICO ESPECÍFICO SOBRE DETERMINADOS ÓRGANOS (CATEGORÍAS 1 Y 2); TÓXICO POR ASPIRACIÓN

Figura 5.6.3. Tabla de incompatibilidades en el almacenamiento conjunto de productos químicos. 2/2



Se describen a continuación las incompatibilidades que se observan en las (Figuras 5.6.2 y 5.6.3).

- Consideraciones generales:
 - Solo se almacenará productos de la misma clase o de riesgo inferior (compatibles) en una misma dependencia o cubeto.
 - Cuando se almacenen líquidos de diferentes clases o categorías en una misma pila o estantería se considerará el conjunto como la clase o categoría más peligrosa que contenga.
 - Solo se podrá almacenar productos que puedan reaccionar si existe una barrera física que los separe.
 - Se seguirán siempre las indicaciones de almacenamiento de las ITC MIE APQ
 - No se podrán almacenar conjuntamente productos que requieran agentes extintores incompatibles con alguno de ellos.
 - Si un producto presenta varios peligros, se almacenará teniendo en cuenta los requisitos más restrictivos.
- Los peróxidos orgánicos no se almacenarán con ningún otro producto, ni se realizarán operaciones de trasvase, formulación o otras, salvo para el aprovisionamiento diario.
- Los líquidos corrosivos que sean inflamables o combustibles necesitaran estar separados por alguna barrera física si se pretende su almacenamiento con otros líquidos inflamables o combustibles.
- Los líquidos corrosivos no inflamables ni combustibles podrán almacenarse con líquidos inflamables y combustibles siguiendo la ITC MIE APQ 1.

Se podrán almacenar botellas llenas de gas inflamable y otros gases (inertes, oxidantes, tóxicos...) siempre que estén separadas por barreras físicas, siguiendo la ITC MIE APQ 5.



5.6.4. Distancias de seguridad

Acorde con la ITC MIE APQ 1 y 2, las distancias mínimas entre recipientes, recipientes y cargaderos y entre recipientes y edificio se han calculado a partir de las tablas proporcionadas por estas. Cuando exista diferencia entre las tablas de la APQ 1 y la APQ 2, prevalecerá la distancia más amplia.

En la (**Tabla 5.6.1**) se presenta la relación de distancias mínimas calculadas para las partes más sensibles de la planta IDOXET5. La capacidad global de almacenamiento de las instalaciones, para el coeficiente de reducción de distancias, se ha elegido entre 1000 y 500 m³ para la APQ 1 y entre 630 y 950 para la APQ 2.

En el (**Apartado 5.7.2 Derrames y fugas**) se especificarán las distancias reales entre equipos, ja que vienen en función del diseño de los cubetos de retención.

Tabla 5.6.1 Distancias mínimas de seguridad.

Distancia (m)	Tanques óxido de etileno	Tanque N ₂ criogénico	Cargaderos OE	Cargadero N ₂	Proceso	Edificios, laboratorios, etc	Límites de edificación
Tanques óxido de etileno	5	1.5	19.5	19.5	39	39	39
Tanque N ₂ criogénico	4		15	15	15	15	15
Cargaderos OE	19.5	15		19.5*	39	26	39
Cargadero N ₂	19.5	15	19.5*		39	26	39
Proceso	39	15	39	39			
Edificios, laboratorios ...	39	15	26	26			
Límites de edificación	39	15	39	39			

*solo si se operan simultáneamente



5.6.5. Carga y descarga

La zona de trasvase de óxido de etileno a vehículos de transporte es una de las más críticas de la planta, ya que es donde más posibilidades hay de derrames. Por eso, es importante que las directrices e instrucciones de operación estén disponibles para el personal responsable, el cual deberá estar completamente instruido para su implementación, tanto en situaciones normales como de emergencia. Los operarios destinados a estas operaciones deberán disponer de la ropa protectora y equipos de protección necesarios para emergencias.

En INDOXETH5, la carga y descarga de productos se efectúa en el área A-600, separada de los tanques de almacenamiento por 19.5 m.

En relación con la zona de carga y descarga de sustancias químicas, quedarán definidas por el artículo 35 de la ITC MIE APQ 1, según el cual:

- Un cargadero puede tener varios puertos de carga o descarga de camiones cisterna, siempre permitiendo que cualquier fuga o derrame pueda ser dirigido a la red de drenaje para su tratamiento. Esto se facilitará diseñando las plataformas donde se estacionan los vehículos con un 1% de pendiente hacia los sumideros.
- Los cargaderos de camiones se situarán de forma que los que a ellos se dirijan o que de ellos procedan puedan hacerlo por caminos de libre circulación.
- Los camiones cisterna estacionados no deberán obstaculizar la salida de los que estén cargando/descargando, ni la circulación de los medios antiincendios. Los que estén cargando deberán situarse para poder salir en caso de necesidad de maniobra.

Más específicamente, el trasvase de óxido de etileno tiene su propia normativa bajo el artículo 22 de la ITC MIE APQ 2:



- Se prohíbe fumar, usar herramientas de acero o efectuar cualquier operación que pueda provocar chispas o llamas en aquellos puntos donde puedan existir atmosferas explosivas.
- Deberá enclavarse la operación de trasvase, conectando a tierra y equipotencial con la instalación, cualquier equipo de transporte.
- La instalación dispondrá de los medios adecuados que permitan la introducción de gas nitrógeno, tanto en las cisternas de transporte, mangueras, brazos y tuberías que se vayan a emplear en el transvase, como en los tanques de óxido de etileno. La finalidad de este gas será tanto desplazar el aire fuera de los recipientes y equipos y llenarlos de nitrógeno, como mantener los niveles máximos de óxido de etileno gas de acuerdo con la (Figura 5.6.1)
- Se instalarán detectores de líquido conectados a alarmas con avisadores acústicos tanto en los tanques de almacenamiento como en las cisternas, para evitar el sobrellenado. Además, se contará con válvulas automáticas de cierre estanco y rápido telemandadas en los extremos las tuberías entre los tanques y los equipos de transporte. Todos estos elementos estarán enclavados con la puesta a tierra de los recipientes.
- Las mangueras y brazos serán de acero inoxidable total o parcialmente recubiertas de polipropileno o nylon en el interior, diseñadas a la presión del equipo que sea mayor, su diámetro y el de las conexiones de sus extremos serán diferentes del de las conexiones de la fase gas y sus conexiones deberán garantizar la no estanquidad. Se usarán siempre las mismas y no serán utilizados para ningún otro fin.

5.6.6. Transporte de sustancias

La normativa sobre transporte de sustancias químicas peligrosas viene estipulada por el ADR: Acuerdo Europeo Relativo al Transporte Internacional de mercancías peligrosas por Carretera.



En él se especifican, entre otras, las normativas para las operaciones de transporte, para la construcción de vehículos, las condiciones de carga, descarga y manipulación de productos peligrosos y un listado con su propia clasificación de las mercancías peligrosas.

Según la normativa, los vehículos que transporten mercancías peligrosas deberán poder ser identificados, mediante un panel de identificación que indique la sustancia transportada y su peligro, descritos a partir de los códigos siguientes:

- No de identificación de peligro: de dos o tres cifras, indica el peligro de la sustancia transportada. La (Tabla 5.6.2) proporciona el significado de cada número.
- No de identificación de la materia (ONU): de 4 cifras, como su nombre indica, es el número designado para cada sustancia según el ADR.

Tabla 5.6.2. Identificación de peligros.

Primera cifra	Significado
2	Gas
3	Líquido o gas inflamable y vapores combustibles
4	Inflamabilidad de materia sólida
5	Materia comburente
6	Materia tóxica
7	Radioactividad
8	Corrosivo
9	Peligro de reacción espontánea
Segunda y tercera cifra	Significado
0	Sin significado
1	Explosión
2	Emanación de gases
3	Inflamable
5	Propiedades comburentes
6	Toxicidad
8	Corrosividad
9	Peligro de reacción espontánea

Los vehículos para la planta de INDOXETH5 llevarán las placas de identificación con los números siguientes:

Tabla 5.6.3. Identificación de los vehículos de transporte de INDOXETH5.

	Óxido de etileno	Nitrógeno líquido
Nº identificación de peligro	263	22
Nº ONU	1040	1977

Se muestra a continuación en la (Figura 5.6.4) el panel de identificación del óxido de etileno.

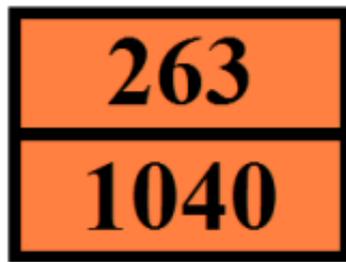


Figura 5.6.4. Panel de identificación del óxido de etileno.

5.6.7. Mantenimiento de la zona de almacenamiento

La zona de almacenamiento carga y descarga contará con su propio plan de emergencia, considerando tanto las posibles emergencias que puedan producirse, como su control por el personal del área y la posible actuación de servicios externos. Este plan cumplirá el Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio.

También se deberá disponer de un plan de revisiones periódicas, con el fin de comprobar el buen estado de los equipos de seguridad y protección individual. Siguiendo las indicaciones de la ITC MIE APQ 1:

- Se revisarán las duchas y lavajos como mínimo una vez por semana.
- Los equipos de protección personal se revisarán según el periodo que especifique el fabricante.



- El plan tendrá en cuenta la revisión de todos los equipos y sistemas de protección contra incendios.

Anualmente, se realizarán las siguientes revisiones:

- Comprobación de la protección catódica y continuidad eléctrica de tuberías o elementos metálicos.
- Visualmente, se inspeccionará el correcto estado de cubetos, pavimentos, vallado, drenajes, bombas, equipos, instalaciones auxiliares y similares.
- Medición del espesor y comprobación de las paredes de las tuberías visibles.
- Comprobación de los sistemas de reserva de agua, reserva de espumógeno y copia de resultado de análisis de calidad, equipos de bombeo, sistemas de refrigeración, alarmas, extintores e ignífugado.
- Estado de las mangueras y acoplamientos.
- Válvulas, filtros y puntos muertos para verificar que no estén obstruidos.

5.7. Seguridad en las instalaciones

En este apartado se tratará la seguridad de la planta de forma más general de todas las áreas, aunque las áreas, elementos o riesgos que necesiten una seguridad mayor, tendrán su propio apartado, como el (**Apartado 5.10. Protección contra incendios**) o el (**Apartado 5.11. Iluminación de la planta y seguridad eléctrica**).

La primera medida de seguridad en una planta con los riesgos de INDOXETH5 es la prevención. La planta deberá constar de todos los equipos necesarios de control, detección, prevención y actuación contra posibles problemas. Dichos



problemas tienen una gran probabilidad de pasar en las zonas de producción o carga y descarga, por ese motivo, esas zonas serán las que cuenten con más seguridad.

Por ese motivo, y como se explica en el **Volumen 3. Instrumentación y Control**, cada equipo dispone de unos elementos de control de las principales variables, no solo para controlar el proceso y que se lleve a cabo de forma adecuada, sino también para controlar posibles errores en el proceso productivo y que puedan acabar suponiendo un riesgo o problema.

5.7.1. Seguridad en los equipos

Como ya se ha explicado, todos los equipos cuentan con los sistemas de control necesarios para vigilar las variables características de la producción. Aun así, algunos de estos controles se pueden usar para seguridad. Seguidamente se explicarán los controles de proceso que se podrán usar como seguridad preventiva de forma general ya que, si se quiere entrar en detalle, se explica en el **Volumen 3. Instrumentación y Control**.

Las principales variables que se controlan son: el nivel, la concentración, la presión, la temperatura y los caudales.

- Nivel: Es muy importante tener el nivel de los equipos controlado, ya que, si estos llegan a un nivel máximo y no se controla, se pueden producir derrames o fugas, hasta explosiones si a causa de un alto nivel, aumenta la presión dentro del equipo. Por ese motivo se controlará el nivel de todos los equipos que tengan posibilidad de poder causar este problema.
- Concentración: Esta variable a simple vista se podría pensar que solamente afecta al proceso, pero no es así. Debido a que en INDOXETH5 se cuenta con diferentes zonas ATEX, explicadas en el (**Apartado 5.11. Normativa ATEX**), en función de la concentración que haya en el proceso, una fuga o cualquier otro problema menor, podría llegar a suponer un problema serio. Por ese motivo, no solamente se



controlará la concentración del proceso, sino que repartidos por toda la planta se deberán tener oxímetros y medidores de la calidad del aire, para poder prever estos posibles problemas en las concentraciones, además de que cada operario llevara encima un oxímetro personal.

- Presión: Esta variable es una de las más problemáticas, no solo porque el proceso de producción de la planta se lleva a condiciones extremas de presión, sino porque dicha presión puede ocasionar explosiones. Por ese motivo todos los equipos llevan instalados medidores de presión, ya sea en la entrada y salida del equipo o internos en él. Además, todos los equipos llevan instaladas válvulas de seguridad o alivio, las cuales en el momento en que la presión del equipo supere un 15-20% el valor de presión de proceso, se abrirán y aliviarán la presión del reactor.
- Temperatura: Esta variable es también una de las más problemáticas, debido a que la temperatura y la presión están muy relacionadas y que el proceso productivo de la planta se lleva a condiciones extremas de temperatura. Dichas altas temperaturas, juntamente con altas presiones y compuestos explosivos, hacen que la seguridad de INDOXETH5 deba ser máxima.

Todos los equipos llevan controles de temperatura, y ciertos casos más de uno por si falla alguno de los instrumentos. Además, los operarios contarán con medidores de temperatura móviles, los cuales llevarán encima y con los que realizarán controles periódicos de temperatura a todos los equipos, no solo para comprobar que coinciden los valores de los sensores instalados con el móvil, sino para también poder registrar valores de temperatura dentro de los equipos en los cuales no se pueden instalar sensores y solo sea posible instalar en la entrada y la salida, como es el caso del reactor.

- Caudales: los caudales van muy ligados al nivel, si los caudales se mantienen constantes dentro de los valores establecidos, no debería haber problemas de nivel. Por otro lado, al producir en continuo, se necesita que los caudales se mantengan constantes para poder



mantener constante y en estado estacionario la producción. Además, una variación en el caudal muy brusca puede significar una fuga en una tubería o equipo, por ese motivo los caudales también estarán controlados y regulados en el proceso de producción de INDOXETH5.

Una vez explicados todos los sistemas de control, se pueden generalizar algunos aspectos de seguridad que deberá cumplir toda la planta:

- La planta deberá estar correctamente señalizada e iluminada.
- La planta deberá contar con sistemas de protección contra incendios y explosiones.
- Se instalarán indicadores de viento y su dirección, para en el caso de fuga de gases, poder saber hacia dónde circularán.
- Se instalarán parachoques en todos los equipos e instalaciones que puedan sufrir algún daño debido a la circulación de vehículos o maniobras de maquinaria.
- Se instalarán duchas y lavajos al largo de la planta para posibles contactos con productos químicos, así como botiquines con todo lo necesario en una planta de estas dimensiones.
- Todos los equipos que no funcionen de forma eléctrica, sino a partir de gas natural, deberán llevar instalados una torcha para, en caso de parada del equipo o fallo, se pueda quemar el gas sobrante y no se forme una atmósfera explosiva o se contamine el aire.

5.7.2. Derrames y fugas

Las fugas de sustancias peligrosas son unos de los accidentes más frecuentes en la industria química y suelen generar daños graves tanto a los equipos como a las personas. Además, se debe interrumpir el proceso productivo y hasta el



vaciado de las instalaciones, concluyendo en una parada general y una posterior puesta en marcha.

Las fugas suelen generarse en las conducciones, sobre todo en las uniones entre tramos y las conexiones entre equipos. La causa de tales fugas son muchas, aunque la mayoría se deben a fallos en el proyecto o un mal estado de las conducciones. Por otro lado, las fugas pueden ser de varios tipos y función de las características y estado del fluido en cuestión.

Las fugas en fase líquida son extremadamente peligrosas en el caso de gases licuados, debido a la gran cantidad de masa que se va a producir en un breve plazo de tiempo. Las fugas de líquidos corrosivos pueden provocar proyecciones que pueden incidir sobre las personas situadas en áreas próximas. Las fugas de sustancias inflamables generarán atmosferas peligrosas capaces de arder dentro del rango de inflamabilidad al encontrar cualquier foco de ignición. Las fugas de sustancias tóxicas volátiles se difundirán en el medio ambiente pudiendo afectar a personas que no necesariamente estén cerca de la instalación. Por otra parte, las fugas en la fase líquida, si no existen medios de control, podrán contaminar a través de la red general de aguas, los desagües, el suelo y cauces fluviales.

Todas estas situaciones, de graves consecuencias, están consideradas como causa de accidente mayor y en tal sentido la reglamentación comunitaria y, en particular, la española ha desarrollado disposiciones para prevenirlas.

En frente de un derrame o fuga, la secuencia de actuación más habitual queda resumida en los siguientes puntos:

- Ponerse fuera de peligro.
- Identificar el producto químico.
- Informar a los superiores inmediatamente, alertar de heridos, en el caso que haya, y si hay, principalmente ayudar en el rescate y primeros auxilios de dichos heridos.
- Aislar la zona.
- Informarse sobre los riesgos del producto químico.



- Llevar a cabo el plan de acción.
- Equiparse adecuadamente antes de realizar cualquier acción.
- Intentar contener la fuga o derrame.
- Limpiar y gestionar los residuos generados.

Para poder retener o minimizar los daños de posibles fugas o derrames se va a disponer de diferentes métodos de contención.

- En los principales equipos y áreas de producción donde sea posible un derrame o fuga, como son las áreas 200, 300, 400 y 500, y en los tanques de almacenaje (A-600); se instalarán cubetas de retención.
- Por el resto de la planta, habrá papeles extraabsorbentes y otros materiales apropiados para la absorción y recogida de pequeñas fugas.

Diseño de cubetas de retención

Las cubetas de retención a distancia se diseñan en función de las dimensiones de los tanques de almacenamiento y de los otros equipos. En algunos casos se pueden diseñar cubetas de retención comunes para más de una sustancia, siempre y cuando las propiedades de las sustancias a retener en la cubeta sean compatibles y no haya riesgo de que ocurra un incidente. En el caso de INDOXETH5 se tendrán solo dos tipos de cubetas a distancia, una para las posibles fugas en el A-200, A-300 y A-400, donde los compuestos en fase líquida están mayoritariamente diluidos en agua; y otro para el A-500 y A-600, donde mayoritariamente es óxido de etileno puro. Aun así, las cubetas deben tener una concentración de óxido de etileno máxima del 1%, por lo tanto, se deberá diluir con agua siempre.

INDOXETH5 contará con dos cubetas a distancia que estarán en el A-800 Gestión de residuos, y serán dos cubetas enterradas, las cuales tendrá una salida para cargar su contenido en cisternas y llevarlo a la empresa de gestión de residuos escogida, en este caso, ECOLÓGICA IBÉRICA Y MEDITERRÁNEA S.A. Dichas cubetas retendrán y diluirán las posibles fugas de fluido de proceso que le lleguen.



Además, en el área A-600, los tanques se encontrarán en el interior de unos cubetos de 12.25x12.25 m, donde en el peor de los casos todo el líquido del interior de los tanques se vaciase completamente. Los muretes serán de 1 m de altura para la parte exterior y 30 cm para los interiores, separando los tanques por 7.18 m entre ellos y 3.59 m entre tanque y murete.

Estos cubetos del A-600 tendrán inclinación hacia el lado opuesto a las tuberías, con el fin de dirigir cualquier derrame hacia la red de drenaje, la cual dirigirá las posibles fugas hacia las cubetas a distancia ubicadas en el área A-800 para su dilución y almacenamiento hasta que se lo lleven la empresa externa de gestión de residuos nombrada anteriormente.

5.7.3. Inertización normal y de emergencia

Toda planta química que trabaje con atmosferas explosivas debe contar con un sistema de inertización. Este sistema consiste en usar un gas inerte, en el caso de INDOXETH5, nitrógeno, para controlar volúmenes o atmosferas explosivas. Se puede separar su uso en uso normal o de emergencia.

- Inertización normal: Aunque todos los equipos de la planta llevaran instaladas unas válvulas de blanketing o inertización, su uso corriente simplemente será en la zona de tanques de almacenaje y carga y descarga. Los tanques se van a compensar siempre con nitrógeno, para mantener una atmosfera no explosiva y el volumen correcto. Además, se usará durante la carga de las cisternas de producto final, ya que se deben inertizar antes de cargar el óxido de etileno y, además, mientras se vacíe el tanque, se deberá compensar dicho vaciado con nitrógeno. Para estos casos, se ha calculado las necesidades de nitrógeno en el **Volumen 11. Manual de cálculos.**
- Inertización de emergencia: Como ya se ha explicado anteriormente, todos los equipos cuentan con válvulas de blanketing para inertizarlos en caso de emergencia. Es decir, esas corrientes de inertización



solamente se usarán en caso de emergencia cuando se deba inertizar el equipo o en el caso de parada de planta, que se deberán lavar e inertizar todos los equipos antes de volver a ponerlos en marcha.

5.7.4. Seguridad de laboratorio

Hasta este momento, solamente se ha tratado la seguridad en las instalaciones de producción, pero en el laboratorio de la zona de oficinas, tanto la zona de control de calidad como la de I+D, deberán tener también una gran seguridad, ya que trabajan también con sustancias químicas peligrosas y se debe ir con cuidado. Se comentará un sistema de seguridad del laboratorio de forma muy general:

- Emergencias: Si descubres una emergencia (incendio, emisión, accidente de personas...):
 - En ningún momento debes ponerte en peligro.
 - Avisar a una persona designada de la organización o a los servicios de emergencia (se ha de seguir lo indicado en el manual de emergencia), asegurarse de decir quién eres, qué ha sucedido y dónde ha sucedido.
 - Si puedes intervenir (sin ponerte en peligro), ataca el siniestro o socorre a la persona accidentada con los medios adecuados. Nunca actúes solo y sin ir provisto del oportuno equipo de protección personal.
 - Indica a las personas que encuentres que se mantengan alejadas del lugar.
 - En caso de incendio, cierra las puertas que te encuentres a tu paso
- En el laboratorio se debe:
 - Mantener el orden y la limpieza.
 - Estar informado sobre el plan de emergencia.



- Etiquetar apropiadamente todos los recipientes que contengan o vayan a contener productos químicos (indicar nombre, símbolo de peligrosidad, etc).
- Llevar la bata abrochada y con las mangas bajadas.
- Leer con atención las etiquetas y las fichas de datos de seguridad de los productos que se vayan a utilizar.
- Prestar atención al material de vidrio (desechar el que haya sufrido golpes, no calentarlo directamente, usar silicona entre las superficies, usar protección al desatascar piezas...).
- En el laboratorio NO se debe:
 - Fumar, comer ni beber, ni guardar comida en el laboratorio o junto a productos químicos.
 - Pipetear con la boca.
 - Llevar lentes de contacto o el pelo sin recoger.
 - Tocar los productos químicos sin la protección adecuada.
 - Arrojar productos químicos al desagüe general.
 - Guardar en el laboratorio grandes cantidades de producto químico.
 - Reutilizar los envases sin retirar la etiqueta original.
- Medios de protección:
 - Vapores corrosivos y/o tóxicos: Usar máscara completa.
 - Vapores asfixiantes: Usar mascarilla.
 - Gafas protectoras: Llevar continuamente.
 - Líquidos corrosivos y líquidos criogénicos: Usar pantalla facial.
 - Productos tóxicos, corrosivos o irritantes: Usar guantes.
- Primeros auxilios:



- Accidentes con productos químicos: Mostrar al médico la etiqueta y/o la ficha de datos de seguridad (FDS) del producto.
- Inhalación productos químicos: Respirar aire fresco. En caso necesario, aplicar respiración asistida. En caso negativo, aplicar oxígeno.
- Ingestión de productos químicos: No provocar vómito ni dar de beber nada si el accidentado presenta convulsiones.
- Indicaciones generales: Corrosivos y/o inflamables, beber abundante agua y evitar el vómito (riesgo de perforación o aspiración).
- Quemaduras térmicas: Aplicar cremas adecuadas para la quemadura o aplicar gasas húmedas o limpiar la quemadura con agua abundante, sin que este muy fría. No quitar la ropa pegada a la piel. Tapar la parte quemada con ropa limpia. No dar bebidas ni alimentos. No dejar solo al accidentado.
- Quemaduras con ácidos o bases: aplicar una solución neutralizadora, nunca aplicar agua ya que puede empeorar la reacción química. Una vez aplicada la solución neutralizadora, lavar abundantemente con agua.
- Salpicadura de productos químicos en piel/ojos: Lavarse con agua abundante durante 15 minutos. Usar ducha de seguridad/lavabos de emergencia. Quitarse de inmediato la ropa y objetos salpicados.
- Resto de productos: Beber abundante agua y provocar el vómito

5.7.5. Mantenimiento

Igual que en el laboratorio, en el área de mantenimiento o taller de mantenimiento se deben tener en cuenta algunos aspectos de seguridad para que el trabajo se pueda llevar a cabo sin problemas.

- Ayudar a conservar limpia y ordenada la zona de trabajo.



- Depositar los materiales inservibles, basuras y similares en recipientes adecuados para que puedan ser retirados adecuadamente.
- Tener presente en cada momento la situación de los compañeros que trabajen cerca de ti, y el trabajo que estás haciendo, para evitar riesgos añadidos por esa proximidad.
- No permanecer ni circular bajo cargas suspendidas.
- Revisar antes de iniciar el trabajo que los equipos, máquinas y herramientas están en buenas condiciones.
- Consultar cualquier duda sobre la forma de ejecutar el trabajo.
- Señalizar la zona de trabajo y poner las medidas de protección colectivas para evitar riesgos.
- Usar los equipos de protección individual.
- No fumar en la zona de trabajo.
- Al estar reparando maquinaria o elementos del proceso:
 - Asegurarse que están desconectados de la línea eléctrica.
 - Aportar las precauciones necesarias para evitar contactos con los productos químicos.

5.8. Señalización

Las señalizaciones ⁽¹²⁾ complementarán la acción preventiva evitando los accidentes al actuar sobre la conducta humana.

La definición de señalización y salud en el trabajo es la siguiente:

Una señalización referida a; un objeto, actividad o situación determinada, proporciona una indicación u obligación referente a la seguridad en el puesto de trabajo.

La forma en que las señales consiguen llamar la atención es, mediante la forma, color, dimensiones y simbología, dando una información adecuada en cada situación, y pueden ser de; peligro, advertencia, obligación o salvamiento.

También existen señales luminosas, acústicas y gestuales, según sea la situación en caso de peligro o accidente determinado.

5.8.1. Normativa vigente

Actualmente la normativa vigente que se aplica en INDOXETH5 en cuanto a señalización es el siguiente:

- El Real Decreto 485/1997, del 14 de abril. Este está relacionado con las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Esta norma establece que, en las áreas donde se manipulen sustancias peligrosas, incluyendo el almacenaje, es obligatoria la presencia de señales, bien visibles, que adviertan sobre los peligros que se pueden llevar a cabo en esa área o zona determinada.

El sistema de señalización, por lo tanto, tiene como objetivo hacer un llamado de atención de forma rápida e inteligible sobre las situaciones y objetos que puedan conllevar un peligro o desarrollar un accidente. También es importante indicar las ubicaciones de los dispositivos o equipos adherentes al auxilio y salvamiento.

Además, se debe tener en cuenta que, éstas, no serán nunca una sustitución a las medidas de protección que ha de adoptar el personal de trabajo ni de la formación e información que han de tener estos mismos en cuanto a la



seguridad y salud en el puesto de trabajo. En pocas palabras, las señales disminuyen el riesgo, lo cual no implica que se deban de dejar de tomar otras medidas de seguridad.

5.8.2. Disposiciones de señalización

Es de vital importancia que, el número y tipo de señales esté distribuido de forma eficaz, teniendo en cuenta esto, se han de considerar en toda la planta de INDOXETH5 aspectos como:

- Riesgos que se han de señalar
- Número de trabajadores que pueden ser afectados en cada área
- Los m² de la zona que ha de ser cubierta en caso de emergencia
- Características de las señales

Para que las señales cumplan su objetivo, es necesario tener en cuenta que su eficacia en ningún momento se puede ver afectada, por lo cual se ha de adoptar medidas con el fin de que no se dificulte su comprensión. Por este motivo, surge la necesidad de conservar las señales en las mejores condiciones posibles, limpiándolas adecuadamente para una buena lectura y verificándolas.

5.8.3. Colores de seguridad

Tal y como indica en el anexo II del Real Decreto 485/1997, *“los colores de seguridad podrán formar parte de una señalización de seguridad o construirla por sí mismos”*.

A continuación, se puede observar la (Tabla 5.8.1) en la cual se muestran los colores de seguridad, su significado y otras indicaciones.

Tabla 5.8.1. Colores de seguridad

Color	Significado	Indicaciones y precisiones
C o R o j o	Señal de prohibición	Comportamiento peligroso.
	Peligro-alarma	Alto, parada, dispositivos de desconexión de emergencia. Evacuación.
	Material y equipos de lucha contra incendios	Identificación y localización.
C o A m a r i l l o o a m a r i l l o a n a r a n j a d o	Señal de advertencia	Atención, precaución. Verificación
		Comportamiento o acción específica.
t i n A z u l	Señal de obligación	Obligación de utilizar un equipo de protección individual.
		Puertas, salidas, pasajes, material, puestos de salvamento o de socorro, locales.
u a n V e r d e	Señal de salvamento o de auxilio	
	Situación de seguridad	Vuelta a la normalidad.

De acuerdo con el anexo II del Real Decreto 485/1997, se tienen que seguir una serie de indicaciones en cuanto a los contrastes de colores utilizados, para que permitan una fácil percepción de la señal.

En la (Tabla 5.8.2) se puede observar el color de la señal y el color de contraste según el anexo citado en el párrafo anterior.

Tabla 5.8.2. Colores de seguridad

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



5.8.4. Señales en forma de paneles

La señal de panel es la que, por combinando una forma geométrica, un color de seguridad, un color de contraste, un símbolo o un pictograma, proporciona una información determinada.

Según lo que indica el anexo III del Real Decreto 485/1997, los paneles han de cumplir los siguientes requisitos de utilización:

- Los paneles han de ser ubicados teniendo en cuenta el ángulo visual y los posibles obstáculos que dificulten la correcta visualización de este.
- Se deben colocar a una proximidad inmediata al riesgo u objeto peligroso que está señalizando, o el acceso en una zona general que conlleve un riesgo general.
- La iluminación ha de ser óptima para una correcta información, por lo cual se tomarán medidas como; añadir una iluminación adicional en caso de que sea escasa o utilizar colores fosforescentes o materiales fluorescentes.
- Evitar usar demasiadas señales próximas entre sí.
- Retirar las señales cuando el riesgo que justificaba su presencia haya desaparecido.

La forma y los colores de las señales en forma de panel son en función del tipo de señal de que se trate, a continuación, se mostrarán los tipos que existen.

5.8.4.1. *Señales de advertencia*

Tienen como objetivo informar de la existencia de un peligro. Estas señales son triangulares, de color amarillo (o amarillo anaranjado), que cubre como mínimo el 50% de la señal, con un pictograma y borde en color negro (color de contraste).

En la (Figura 5.8.1) se pueden observar unos ejemplos de las señales de advertencia.

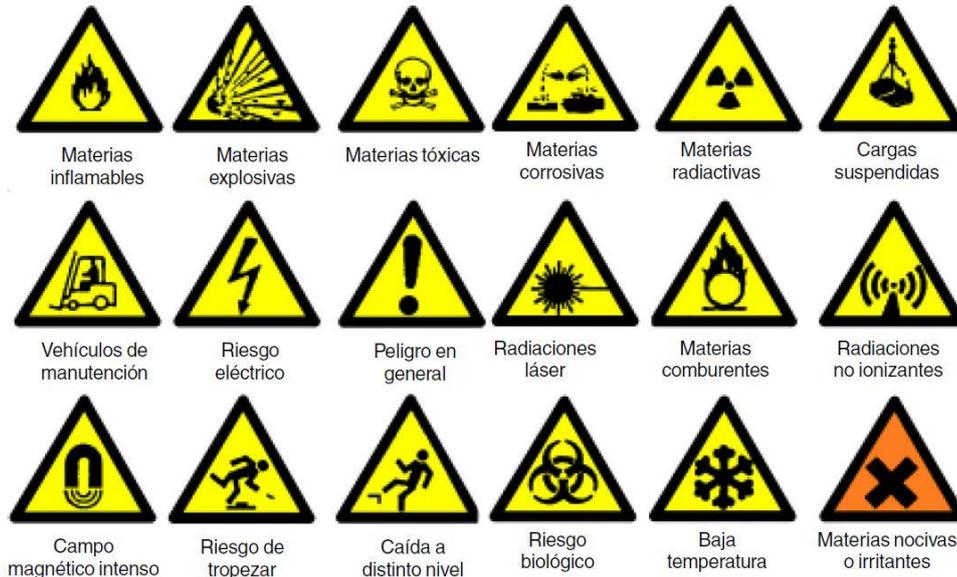


Figura 5.8.1. Señales de advertencia.

5.8.4.2. Señales de prohibición

El objetivo de esta señal, tal y como su nombre indica, muestra que acciones no se deben realizar en ninguna circunstancia. La forma de este tipo de señal es redonda, de color rojo, el cual ocupa como mínimo el 35% de la superficie de la señal, cubriendo los bordes y en forma de banda transversal de izquierda a derecha que cubrirá en un ángulo de 45º un pictograma de color negro ubicado sobre un fondo blanco.

En la (Figura 5.8.2) se pueden observar unos ejemplos de las señales de prohibición.



Figura 5.8.2. Señales de prohibición.

5.8.4.3. Señales de obligación

Como en las señales de prohibición, este tipo de señal también es redonda, pero de color azul cubriendo como mínimo el 50% de la señal y el pictograma de color blanco. El objetivo de estas señales es aportar indicaciones sobre qué medidas de seguridad se deben de cumplir para poder evitar causar un accidente.

En la (Figura 5.8.3) se pueden observar unos ejemplos de las señales de obligación.



Figura 5.8.3. Señales de obligación.

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

La forma de este tipo de señales es rectangular o cuadrada. El color de esta señal será rojo, cubriendo como mínimo el 50% de la señal, con un color de contraste blanco. Su misión es informar sobre la ubicación de los equipos adecuados para la lucha contra incendios.

En la (Figura 5.8.4) se pueden observar unos ejemplos de este tipo de señal.



Figura 5.8.4. Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios

5.8.4.5. *Señales de salvamento o socorro.*

Las señales de salvamento o socorro tienen la misma forma que las señales anteriores, y son de color verde con un color blanco de contraste. Estas indican la ubicación o la fácil localización de lugares relacionados con el salvamento.

En la (Figura 5.8.5) se pueden observar unos ejemplos de este tipo de señal.

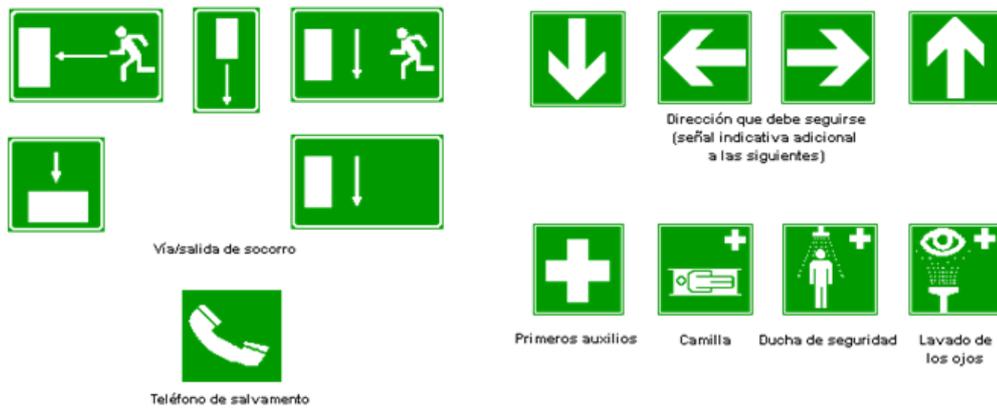


Figura 5.8.5. Señales de salvamento o socorro

5.8.5. Señales luminosas y acústicas

Al ponerse en marcha cualquier tipo de señal luminosa y acústica, indicará la necesidad de que se realice una determinada acción y persistirá hasta que el peligro haya pasado, una vez se ha finalizado la emisión de dichas señales, se volverán a adecuar para poder ser utilizadas nuevamente en caso de que exista la necesidad.

Con tal de que el funcionamiento de estas señales sea el más eficaz posible se realizarán simulacros periódicos, simulando una emergencia en concreta, en la cual se pueda comprobar el correcto funcionamiento de las señales de emergencia, y además se pueda evaluar el papel de los trabajadores en estas circunstancias, para que es caso de que haga falta, se les pueda instruir de la mejor manera.

5.8.5.1. Señales luminosas

Estas señales deberán provocar un contraste luminoso apropiado a su entorno en función a las condiciones de uso previstas, con una intensidad adecuada, que le permita ser percibida sin producir deslumbramientos. En el caso de que exista un dispositivo que pueda emitir señales intermitentes y continuas, la señal intermitente será más relevante, indicando esta un mayor grado de peligro o urgencia, para ello, el mensaje de la emisión de la señal ha de ser



claro, se debe de evitar que la señal intermitente pueda ser percibida como una señal continua.

Teniendo en cuenta la existencia de más de una señal de este tipo, queda prohibido el uso simultáneo de dos o más señales luminosas que puedan llevar a una confusión sobre la emergencia en dicho momento.

5.8.5.2. Señales acústicas

La señal acústica ha de tener un nivel sonoro por encima del nivel de ruido ambiental, sin llegar a ser excesivamente molesto, de manera que sea claramente audible. Además, no se podrán usar este tipo de señales cuando el ruido ambiental existente en el momento de emergencia, sea demasiado intenso. Por lo tanto, está prohibido emitir más de dos señales acústicas a la vez.

Al igual que en las señales luminosas, se deberá diferenciar claramente cuando se trate de un sonido intermitente, para evitar confusiones ya que este prevalecerá por encima de un sonido continuo. Pero, en caso de evacuación, el ruido será intenso y continuo.

5.8.6. Señales gestuales

Las principales características de las señales gestuales son; precisa, amplia, simple, fácil de realizar y comprender, y claramente diferenciable de otras señales gestuales. De manera que, los dos brazos se utilizarán al mismo tiempo de manera simétrica y para emitir una sola señal gestual.

Según el anexo VI del Real Decreto 485/1997, para el uso de estas señales existen unas reglas que se han de cumplir, que son las siguientes:

- Habrá una persona encargada de emitir estas señales (la cual deberá ser fácilmente reconocida mediante accesorios tales como; chaqueta,

brazal, caso, etc.), de manera que mediante estas dará instrucciones de maniobra al emisor, denominado «operador».

- La persona encargada de las señales deberá poder seguir visualmente el desarrollo de las maniobras instruidas sin estar amenazado por ellas. En caso de que no sea posible, se recurrirá a los encargados de señales suplementarias que hagan falta.
- El encargado de las señales deberá dedicarse exclusivamente a dirigir las maniobras y a la seguridad de los trabajadores que se encuentran en las proximidades.
- Si el operador no puede ejecutar las maniobras emitidas por el encargado de las señales, deberá parar la maniobra y esperar nuevas instrucciones.

A continuación, en las siguientes figuras se observan un conjunto de gestos codificados que no impiden el uso de otros.

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

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

Figura 5.8.6. Gestos generales

Significado	Descripción	Ilustración	Significado	Descripción	Ilustración
Izar.	Brazo derecho extendido hacia arriba, la palma de la mano derecha hacia adelante, describiendo lentamente un círculo.		Avanzar.	Los dos brazos doblados, las palmas de las manos hacia el interior, los antebrazos se mueven lentamente hacia el cuerpo.	
Bajar.	Brazo derecho extendido hacia abajo, palma de la mano derecha hacia el interior, describiendo lentamente un círculo.		Retroceder.	Los dos brazos doblados, las palmas de las manos hacia el exterior, los antebrazos se mueven lentamente, alejándose del cuerpo.	
Distancia vertical.	Las manos indican la distancia.		Hacia la derecha: Con respecto al encargado de las señales.	El brazo derecho extendido más o menos en horizontal, la palma de la mano derecha hacia abajo, hace pequeños movimientos lentos indicando la dirección.	

Figura 5.8.7. Movimientos verticales

Hacia la izquierda: Con respecto al encargado de las señales.	El brazo izquierdo extendido más o menos en horizontal, la palma de la mano izquierda hacia abajo, hace pequeños movimientos lentos indicando la dirección.	
Distancia horizontal.	Las manos indican la distancia.	

Figura 5.8.8. Movimientos horizontales

5.8.7. Señales de riesgo de caídas, choques y golpes

En caso de que exista un riesgo por desnivel, obstáculos u otros elementos que deriven en caídas de personas, choques o golpes, se deberá señalizar mediante la imagen que de la (Figura 5.8.9), que como se puede observar, es una señal rectangular de colores amarillo y negro, los cual están situados de manera inclinada con un ángulo de 45°.



Figura 5.8.9. Señal de Riesgo de caídas



5.8.8. Señales de vías de circulación

Las vías de circulación de vehículos, deberá estar delimitada con claridad mediante franjas continuas de un color altamente visible, de preferencia blanco o amarillo, teniendo en cuenta el color del suelo. Además, dichas delimitaciones deberán respetar las distancias de seguridad estipulada entre vehículos y objetos próximos, y entre peatones y vehículos, en caso de que exista un objeto físico como las barreras que hagan la función de delimitar las zonas, no haría falta la delimitación mediante líneas continuas en el suelo.

5.9. Plan de prevención

El objeto principal del Plan de Prevención es desarrollar el sistema de gestión de la prevención de riesgos laborales para la mejora continuada del nivel de seguridad y salud de los trabajadores, integrándose en el sistema general de gestión de la empresa, mediante la aplicación de procesos, procedimientos y prácticas preventivas.

Este plan de prevención se elabora según lo dispuesto en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y posteriores modificaciones, y el Reglamento de los Servicios de Prevención R.D. 39/1997, de 17 de enero y posteriores modificaciones.

El Plan de prevención de riesgos laborales es aprobado por la dirección de la empresa, asumido por toda su estructura organizativa y conocido por todo el personal.

La prevención de riesgos laborales deberá integrarse en el sistema general de gestión de la empresa, comprendiendo tanto al conjunto de las actividades como a todos sus niveles jerárquicos, a través de la implantación y aplicación del plan de prevención de riesgos laborales con la finalidad de:



- Proporcionar una protección eficaz a los trabajadores en seguridad y salud.
- Disponer de la necesaria organización preventiva en la empresa, cumpliendo como mínimo con lo establecido en la normativa.
- Integrar la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa, tanto en el conjunto de actividades como en todos los niveles jerárquicos.
- Evaluar los riesgos laborales y planificar la actividad preventiva en la empresa.
- Controlar la ejecución de la planificación de la actividad preventiva y mantenerla actualizada.
- Elaborar e implantar el plan de emergencia.
- Facilitar a los trabajadores la información, consulta y participación.
- Proporcionar la formación a los trabajadores.
- Facilitar la vigilancia de la salud de los trabajadores.

En este plan de prevención, cada persona de la plantilla de INDOXETH5 tiene unas responsabilidades y funciones. Estas quedan definidas en el apartado **(5.15.1. Funciones y responsabilidades)**.

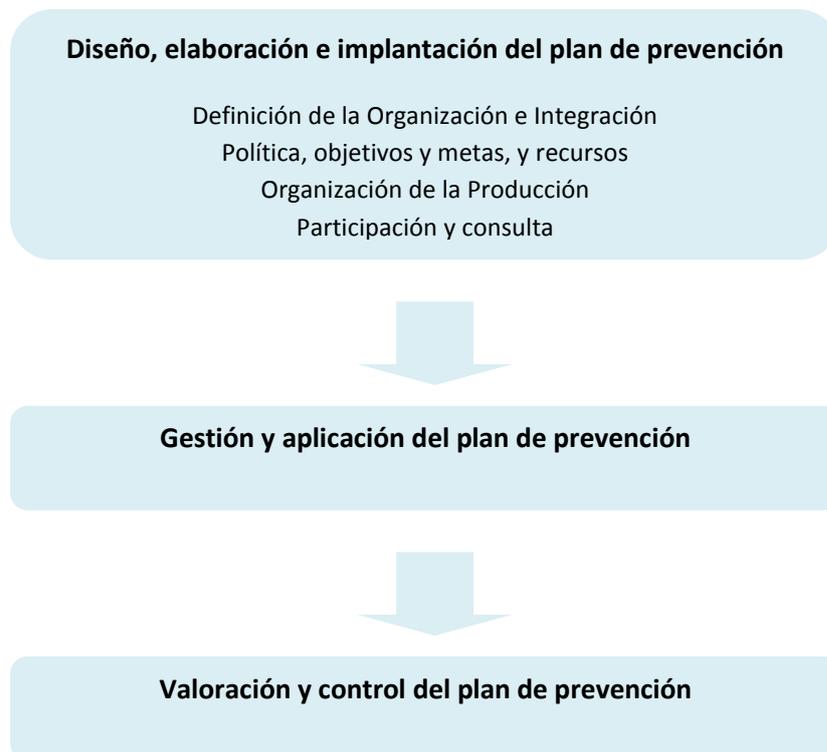
5.9.1. Desarrollo del Plan de Prevención

El Plan de Prevención de riesgos laborales establece el sistema de gestión en prevención de riesgos laborales y se diseña a partir de la situación actual de la empresa y la actividad productiva, número y características de los centros de



trabajo y el número de trabajadores y sus características relevantes en prevención de riesgos laborales.

Para el diseño, elaboración e implantación del plan de prevención se tienen en cuenta las características y procesos técnicos de INDOXETH5 y los siguientes elementos del sistema de prevención de riesgos laborales según se muestran a continuación:



El empresario de INDOXETH5 establece la política preventiva como la declaración de los principios y compromisos básicos en prevención de riesgos laborales. En coherencia con la política preventiva, INDOXETH5 establece periódicamente objetivos en prevención de riesgos laborales. Como mínimo anualmente, el empresario de INDOXETH5 revisará los objetivos y metas y la asignación de recursos.

Se establecen en el ([Apartado 5.15.1. Funciones y responsabilidades](#)) los niveles jerárquicos de la empresa y de las personas con funciones específicas en



prevención de riesgos laborales, de acuerdo con el organigrama de la empresa existente en el **Volumen 1. Especificación del proyecto**.

Actualmente INDOXETH5 no tiene Delegados de Prevención (representantes de los trabajadores con funciones específicas en prevención de riesgos laborales), ya que no dispone de comité de empresa, por ese motivo no se ve reflejado en el apartado (**Apartado 5.15.1. Funciones y responsabilidades**). Al no tener Delegados de Prevención, tampoco ha sido posible constituir el Comité de Seguridad y Salud, que es el órgano paritario y colegido de participación destinado a la consulta regular y periódica de las actuaciones de la empresa en materia de prevención de riesgos laborales.

Proceso de implantación

Para la correcta implantación del Plan de Prevención, las personas que tengan funciones y responsabilidades en prevención de riesgos laborales deberán disponer de la formación y capacitación necesaria en esta materia.

La implantación del Plan de Prevención se realizará mediante la difusión de éste por correo electrónico, en tablones de anuncios o por entrega directa a los trabajadores, pudiéndose realizar sesiones informativas.

La implantación del presente Plan de Prevención implica, entre otras, que se han divulgado las funciones a los niveles jerárquicos y a las personas con funciones específicas en prevención de riesgos laborales de la empresa y cada uno de ellos asume las funciones encomendadas, según lo establecido los artículos 1 y 2 del Real Decreto 39/1997.

Gestión y aplicación del plan de prevención

Gestionar correctamente una actividad significa planificarla, organizarla y controlar su ejecución para alcanzar el objetivo deseado utilizando eficientemente los recursos disponibles.



La gestión y aplicación efectiva del Plan de Prevención se realiza a partir de la evaluación de riesgos laborales y la planificación de la actividad preventiva, siendo ambas los instrumentos esenciales para la gestión y aplicación del Plan de Prevención y que pueden desarrollarse por fases de forma programada.

Mediante la ejecución, y el seguimiento y control de las actividades preventivas, derivadas de la evaluación de riesgos e indicadas en la planificación de la actividad preventiva se obtienen unos resultados que evidencian la real aplicación del Plan de Prevención.

INDOXETH5 asegurará en todo el proceso la consulta y participación de los trabajadores.

Como consecuencia de los resultados obtenidos de la ejecución de las actividades preventivas, correspondientes a esta fase, podrán revisarse los objetivos, la organización e integración de la actividad preventiva y los procesos y procedimientos, indicados en el presente Plan de Prevención.

Para llevar a cabo la gestión de la prevención existirán unos procesos de apoyo:

- Comunicación de riesgos y sugerencias de mejora.
- Comunicación con el Servicio de Prevención.
- Coordinación de actividades empresariales.
- Adquisición o modificación de máquinas, equipos de trabajo y sustancias o preparados químicos.
- Reuniones periódicas de trabajo.
- Gestión de la Documentación.
- Actuación ante riesgo grave e inminente.
- Investigación de incidentes, accidentes y enfermedades profesionales.
- Actuaciones en caso de emergencia, plan de emergencia y primeros auxilios.

Valoración y control de la aplicación del Plan de Prevención

Las evidencias derivadas de todo el proceso de implantación y control del Plan de Prevención quedarán documentadas, mediante el propio Plan de Prevención, los procedimientos, las instrucciones (prácticas) y los registros generados (que incluye la documentación exigible según el art. 23.1 de la LPRL).

La revisión del sistema de gestión de la prevención de riesgos laborales, independientemente de las preceptivas auditorías externas en los supuestos indicados por la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y Reglamento de los Servicios de Prevención, podrá verificarse interna o externamente para constatar que la gestión y aplicación del Plan de Prevención es eficaz y eficiente para lograr los objetivos y las metas establecidas en éste y se ha conseguido la integración de la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa.

Se utilizará la estrategia de mejora continua de las condiciones de seguridad y salud de los trabajadores, según el siguiente diagrama:



Figura 5.9.1. Diagrama de mejora continua.



5.10. Plan de emergencia

5.10.1. Introducción

La normativa sobre prevención de riesgos laborales establece, en relación a las posibles emergencias que pueden producirse en el centro de trabajo, que *“El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento. El citado personal deberá poseer la formación necesaria, ser suficiente en número y disponer del material adecuado, en función de las circunstancias antes señaladas.*

Para la aplicación de las medidas adoptadas, el empresario deberá organizar las relaciones que sean necesarias con servicios externos a la empresa, en particular en materia de primeros auxilios, asistencia médica de urgencia, salvamento y lucha contra incendios, de forma que quede garantizada su rapidez y eficacia.”

Por ello, el objetivo de este procedimiento de Medidas de Emergencias es garantizar que la actuación ante dicha situación en el centro de trabajo será rápida y coordinada, y que se mantendrán las adecuadas relaciones con los servicios de emergencias externos, mediante los trabajadores que se encuentren en ese momento en el centro de trabajo.

En ningún caso estas Medidas de Emergencias sustituyen la actuación de los servicios profesionales de emergencias, cuya función es específicamente la intervención especializada en estos ámbitos.

Seguidamente se exponen algunas definiciones para que sea más entendible este apartado:



- Emergencia: Situación de peligro o desastre que requiere una acción inmediata.
- Medidas de emergencia: Medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores.
- Plan de Autoprotección: documento que establece el marco orgánico y funcional previsto para un centro, establecimiento, espacio, instalación o dependencia, con el objeto de prevenir y controlar los riesgos sobre las personas y los bienes y dar respuesta adecuada a las posibles situaciones de emergencia, en la zona bajo responsabilidad del titular de la actividad, garantizando la integración de estas actuaciones con el sistema público de protección civil.
- Medio de autoprotección: Elemento presente en el centro de trabajo cuya función es eliminar, controlar o reducir los efectos de la materialización de una situación de emergencia.
- Primeros auxilios: Técnicas y procedimientos del carácter inmediato, limitado, temporal, profesional o de personas capacitadas o con conocimiento técnico que es brindado a quien lo necesite, víctima de un accidente o enfermedad repentina.

5.10.2. Responsabilidades

El empresario será el responsable de velar por el correcto cumplimiento de las medidas de emergencias, el personal designado y formado, y se realicen actividades periódicamente para comprobar su correcto funcionamiento. Será el responsable de que los medios de autoprotección presentes en el centro se encuentran en perfecto estado y orden de funcionamiento. Estas actividades se desarrollarán por los trabajadores designados para emergencias, con el apoyo y asesoramiento del servicio de prevención subcontratado. RRHH es responsable de velar por que las designaciones del personal encargado de las medidas de emergencias se encuentren vigentes y actualizadas.



El servicio de prevención subcontratado realizará el apoyo y asesoramiento necesario a la empresa a la hora de disponer de unas medidas de emergencias adecuadas al centro de trabajo, y designar a los equipos de actuación ante emergencias más convenientes.

El Coordinador de Prevención o ingeniero de seguridad y medio ambiente realizará el control del cumplimiento del Plan de autoprotección o Medidas de Emergencias. También será el encargado de realizar el documento, ponerlo en práctica y hacer el seguimiento del control de los medios de extinción de su centro, así como de tener el documento actualizado. Gestionará los residuos ambientales derivados de los incidentes o accidentes que puedan ocurrir en las diferentes emergencias.

5.10.3. Desarrollo

Para la correcta realización de esta actividad preventiva se procederá a la elaboración de las medidas de emergencias conforme a los modelos facilitados. Los pasos a seguir son:

Análisis de situaciones de emergencias.

El titular de la empresa o persona en quien delegue, con el apoyo y asesoramiento del servicio de prevención subcontratado de riesgos laborales, analizará las posibles situaciones de emergencias, plasmándolas en la correspondiente Evaluación de Riesgos.

La descripción del centro, sus instalaciones, puestos de trabajo, usuarios, equipos, posibles deficiencias del centro de trabajo en relación con las posibles situaciones de emergencias, la valoración de los riesgos de dichas situaciones, y todas aquellas actividades a emprender de cara a una mejora en las condiciones de protección frente a las mismas, se plasmarán en la correspondiente Evaluación de Riesgos que la empresa subcontratada elaborará para este centro.



Establecimiento de los procedimientos de actuación.

El titular de la empresa o persona en quien delegue, con el apoyo y asesoramiento del servicio de prevención subcontratado de riesgos laborales, seleccionará los procedimientos de actuación ante emergencias que sean más adecuados a las características del centro de trabajo, en función de las características del mismo, y el número de trabajadores disponibles, de entre aquellos que acompañan a estas Medidas de Emergencias. Así mismo, se cumplimentarán los modelos relativos a los medios de autoprotección presentes en el centro.

Designación del personal encargado para las medidas de emergencias.

El departamento/responsable de recursos humanos designará al personal encargado para llevar a cabo las medidas de emergencias, conforme a los procedimientos elegidos. Esta selección será consultada previamente con los representantes legales de los trabajadores, en caso de haberlos.

Formación del personal encargado para las medidas de emergencias.

A fin de dar cumplimiento al deber de protección establecido en la Ley 31/1995, el empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con las medidas adoptadas de conformidad con lo dispuesto en el artículo 20 de dicha Ley, mediante alguna de las modalidades previstas, de cara a las actuaciones a emprender en caso de emergencia.

El Coordinador de Prevención proporcionará a los trabajadores designados las consignas necesarias para las actuaciones previstas en las medidas de emergencias.

Puesta en práctica y comprobación de las medidas de emergencias.

El titular de la empresa delega en el servicio de prevención subcontratado la realización de ejercicios y simulacros de emergencias, anotando los resultados y conclusiones en modelo al efecto.



5.10.4. Procedimiento de actuación ante emergencias

En primer lugar, se exponen los equipos designados para el procedimiento ante emergencias:

- CENTRO DE CONTROL (CC): Trabajador cuya función será establecer las comunicaciones a emprender en caso de emergencia, tanto a nivel interno como externo.
- EQUIPO DE PRIMEROS AUXILIOS (EPA): Se designarán varios trabajadores con formación en primeros auxilios para la prestación de las primeras ayudas en caso de accidente o enfermedad repentina.
- EQUIPO DE PRIMERA INTERVENCIÓN (EPI): Su función será efectuar el primer ataque a un incendio, en su fase inicial, con los extintores portátiles.
- JEFE DE EMERGENCIAS (JE): Será el responsable del centro en caso de emergencia tomando las decisiones que sean necesarias para minimizar los daños o incluso controlar la situación sin poner en peligro la integridad de los ocupantes.
- EQUIPO DE ALARMA Y EVACUACIÓN (EAE): Su función será evacuar la zona afectada, verificar que no queda nadie en su área y realizar un recuento en el punto de reunión, informando al jefe de emergencia de su resultado. Se designará a una persona por cada área o zona, en función de la superficie de la misma y el número de trabajadores a evacuar.

Para todo ello, son necesarios unos equipos como extintores portátiles, botiquines, medios de comunicación internos y medios de comunicación externos con los servicios de emergencias. Una vez designados los equipos, se pueden designar las actuaciones a seguir en función de cada emergencia.



5.10.4.1. Actuaciones en caso de primeros auxilios

- En caso de detectarse una emergencia por emergencia médica que requiera de unos primeros auxilios, se avisará al centro de control.
- El centro de control avisará al equipo de primeros auxilios, y al jefe de emergencias, informándole de la situación.
- El equipo de primeros auxilios tomará el botiquín, y se dirigirá al punto donde se encuentre el/la accidentado.
- Una vez con él, se realizará una evaluación completa del mismo, pasando posteriormente a prestar los primeros auxilios que se puedan aplicar en el momento con los medios disponibles.
- Si fuera necesaria la asistencia de los servicios de emergencias, se avisará al centro de control, o al Jefe de Emergencias, para que procedan al aviso. O bien llamará él mismo, mientras se encuentra con el accidentado, pero siempre manteniendo informado al Jefe de Emergencia o al centro de control.
- Se esperará su llegada, siendo llevados desde el exterior hasta el punto donde se encuentre el accidentado por el centro de control.
- Si no fuera necesaria la asistencia externa, se prestarán los primeros auxilios que sean necesarios, y se dará por finalizada.

5.10.4.2. Actuaciones en caso de incendio

- En caso de detectarse un incendio en el centro de trabajo se avisará al centro de control, el cual avisará al equipo de primera intervención más cercano y al Jefe de Emergencias.



- El equipo de primera intervención se informará de la ubicación del incendio, y se desplazará al lugar, tomando un extintor en un lugar cercano al mismo.
- Una vez personado en el punto del incendio, valorará la posibilidad de un intento de extinción, teniendo en cuenta la localización, presencia de humo y llamas, productos peligrosos cercanos, vías de evacuación disponibles, etc., y la necesidad de avisar a los servicios de emergencias. Si se intenta la extinción, se realizará siempre con las máximas garantías de seguridad, y si es posible, acompañado por alguien.
- Si no es posible la extinción, o se intenta, pero no se consigue, se evacuará la zona, y se comunicará tal circunstancia al centro de control, que lo transmitirá al Jefe de Emergencias.
- El Jefe de Emergencias valorará la necesidad de evacuar el centro. Si es necesario, se comunicará tal circunstancia a los equipos de alarma y evacuación, que iniciarán la misma, conforme a sus funciones.
- Una vez evacuados, se esperará la llegada de los servicios externos, informándoles de todos los aspectos e indicándole la ubicación del incendio, siguiendo sus instrucciones.

5.10.4.3. Actuaciones para la evacuación

- Si se decidiera la evacuación del centro de trabajo, el centro de control avisará a los integrantes del Equipo de Alarma y Evacuación, indicándoles la necesidad de evacuar el centro.
- Los Equipos de Alarma y Evacuación iniciarán la misma, anunciando al resto del personal la necesidad de salir del centro y dirigirse al punto de reunión.



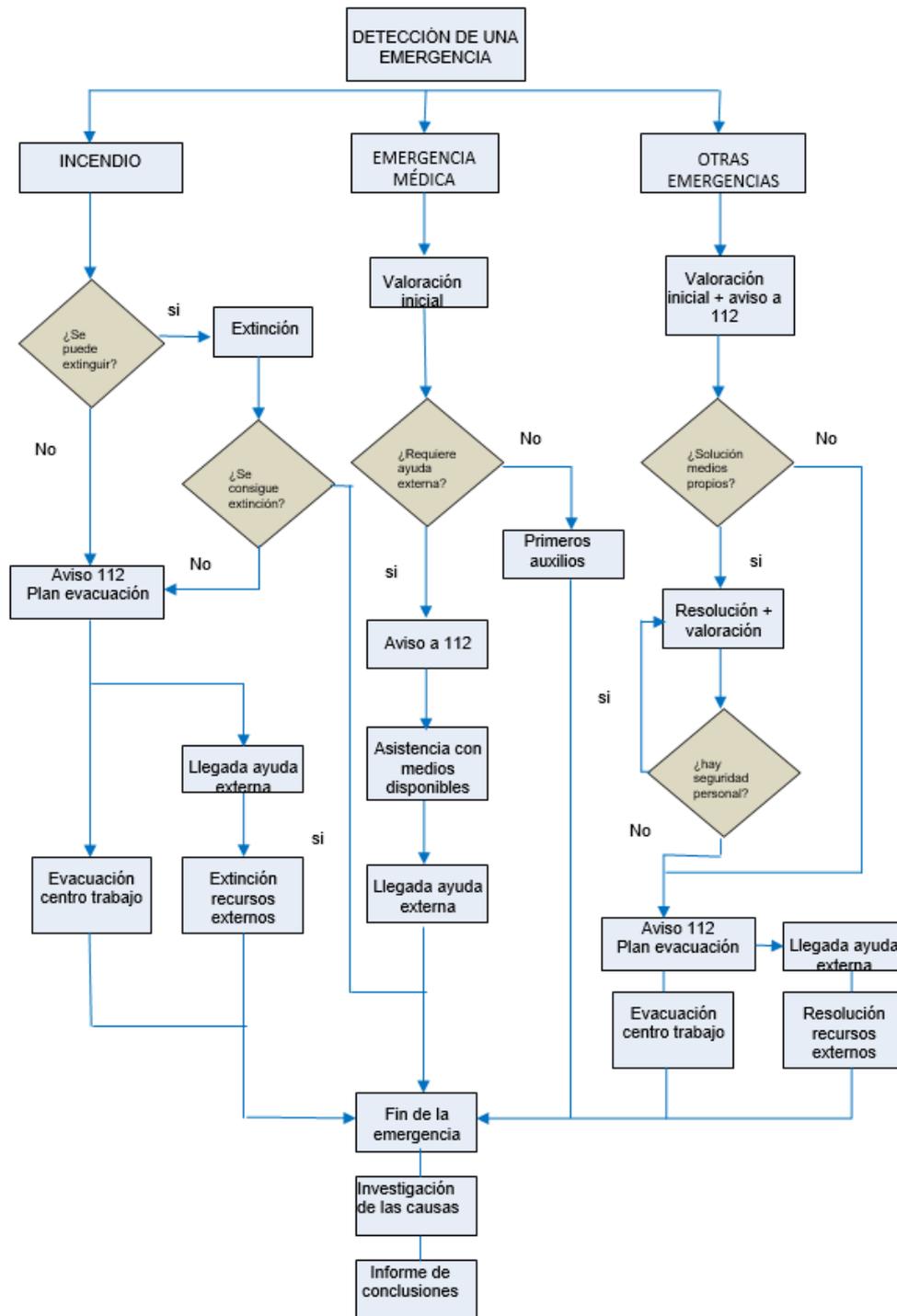
- Para estas comunicaciones, se emplearán los medios al alcance: teléfono, megafonía, alarmas de incendio, o personalmente.
- Los Equipos de Alarma y Evacuación deberán verificar la evacuación de los trabajadores y ocupantes, revisando despachos, aseos, etc., siempre que no comprometa su seguridad.
- Una vez evacuado el centro, los Equipos de Alarma y Evacuación realizarán un recuento de los trabajadores a su cargo, para comprobar la presencia de todos los ocupantes, o ausencia de alguno, dato que se transmitirá al Jefe de Emergencias, y que posteriormente se comunicará a los servicios de emergencias a su llegada.

5.10.4.4. Actuaciones generales ante cualquier emergencia

- Active el pulsador de alarma más próximo. A la llegada del jefe de emergencia, infórmale de la zona exacta de la alarma.
- Mantenga la calma.
- Siga las instrucciones dadas por el personal designado de la empresa.
- Detener los equipos y dejarlos en posición de seguridad.
- Si debe abandonar el edificio, hágalo sin correr ni gritar.
- Bajo ningún concepto retroceda.
- En caso de existir humo, avance gateando.
- Antes de abrir cualquier puerta compruebe con cuidado que no está excesivamente caliente.
- Si se prende fuego sus ropas, tírese al suelo y ruede sobre sí mismo.

- No utilice el ascensor.
- Una vez en la calle dirijase al punto de reunión.

Seguidamente se muestra un diagrama de la secuencia general de actuación:





5.10.5. Teléfonos y modelo de llamada de emergencia

Debido a que en caso de emergencia es normal estar nervioso, se preparan estos modelos de llamada, preguntas frecuentes que pueden hacer desde emergencias y se repartirán entre los trabajadores, para que, en caso de emergencia, puedan contestar rápidamente y con eficiencia.

TELÉFONOS DE EMERGENCIAS

Centro de atención de llamadas de Urgencias y Emergencias	1 1 2
Policía	97 754 80 81
Teléfono de información toxicológica	91 562 04 20
Bomberos	97 792 95 00
Protección civil	97 755 12 56
Centro de Salud CAP La Canonja	97 755 66 78
Hospital Universitario Joan XXIII	97 729 58 00
Ayuntamiento de la Canonja	97 754 34 89
Mutua (contratada)	XXXXX
Central de Alarmas externa (empresa contratada)	XXXXX



MODELO DE NOTIFICACIÓN DE LA EMERGENCIA AL 1 1 2		
Identificación del centro:	Denominación:	
	Dirección:	
	Localidad:	
	Teléfono:	
Persona que notifica la emergencia:	Nombre	
	Puesto:	
	Teléfono de contacto:	
Hora de la comunicación:		
NOTIFICAN LA SIGUIENTE EMERGENCIA:		
Tipo de emergencia:		
Causa de la emergencia:		
Presencia de víctimas:		
Daños en las víctimas:		
Circunstancias que pueden afectar a la evolución de la emergencia:		
Medidas adoptadas para el control de la emergencia:		
Medidas de apoyo exterior necesarias:		
Punto de recepción de las ayudas externas:		

5.11. Protección contra incendios

Como se ha comentado anteriormente, el fuego ⁽¹³⁾ es una emisión de luz y de calor producida por la combustión de una materia.

Los incendios se pueden clasificar en función de cuál sea el combustible. Se muestra a continuación en la (Tabla 5.11.1) las cuatro clases de incendio existentes:

Tabla 5.11.1. Clasificación del fuego en función del combustible.

Clase A	Fuegos de combustibles sólidos que retienen oxígeno en su interior formando brasas. Son los llamados fuegos "secos": Madera, papel, tejidos, carbón, etc.
Clase B	Fuegos de combustibles líquidos y sólidos licuables (Asfaltos, ceras, parafinas, grasas, alcohol, gasolina, etc). Sólo arde la parte de su superficie que esté en contacto con el oxígeno del aire.
Clase C	Fuegos en los que el combustible es un gas: (Acetileno, metano, propano, butano, gas natural, etc).
Clase D	Metales combustibles o fuegos especiales (Aluminio polvo, potasio, sodio, magnesio, plutonio, uranio).
Clase E	Fuegos en los que el combustible es una grasa o aceite.

En INDOXETH5, los incendios susceptibles de producirse son los de clase B o C, pues los compuestos inflamables tratados en la planta son líquidos o gases en función de las condiciones de presión y temperatura en las que se encuentren. No obstante, si se da un incendio de clase B o C se puede derivar a un incendio de clase A si se expande y llega a algún tipo de combustible sólido.

5.11.1. Caracterización de las instalaciones industriales

Según el Real Decreto 2267/2004, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, se puede establecer la protección contra incendios necesaria según la clase de fuego, la distribución de las instalaciones de la planta y la provisión de aguas, pudiendo así mantener la máxima seguridad.



Se muestra en el Anexo I de este mismo Real Decreto la clasificación de los establecimientos industriales divididos en cinco tipos:

- Tipo A: El establecimiento industrial ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos, ya sean estos de uso industrial ya de otros usos.
- Tipo B: el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio que está adosado a otro u otros edificios, o a una distancia igual o inferior a tres metros de otro u otros edificios, de otro establecimiento, ya sean estos de uso industrial o bien de otros usos.
- Tipo C: el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.
- Tipo D: el establecimiento industrial ocupa un espacio abierto, que puede estar totalmente cubierto, alguna de cuyas fachadas carece totalmente de cerramiento lateral.
- Tipo E: El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede estar parcialmente cubierto (hasta un 50% de su superficie), alguna de cuyas fachadas en la parte cubierta carece totalmente de cerramiento lateral.

Se muestra a continuación en la ([Figura 5.11.1](#)) la representación gráfica de la clasificación de establecimientos industriales.

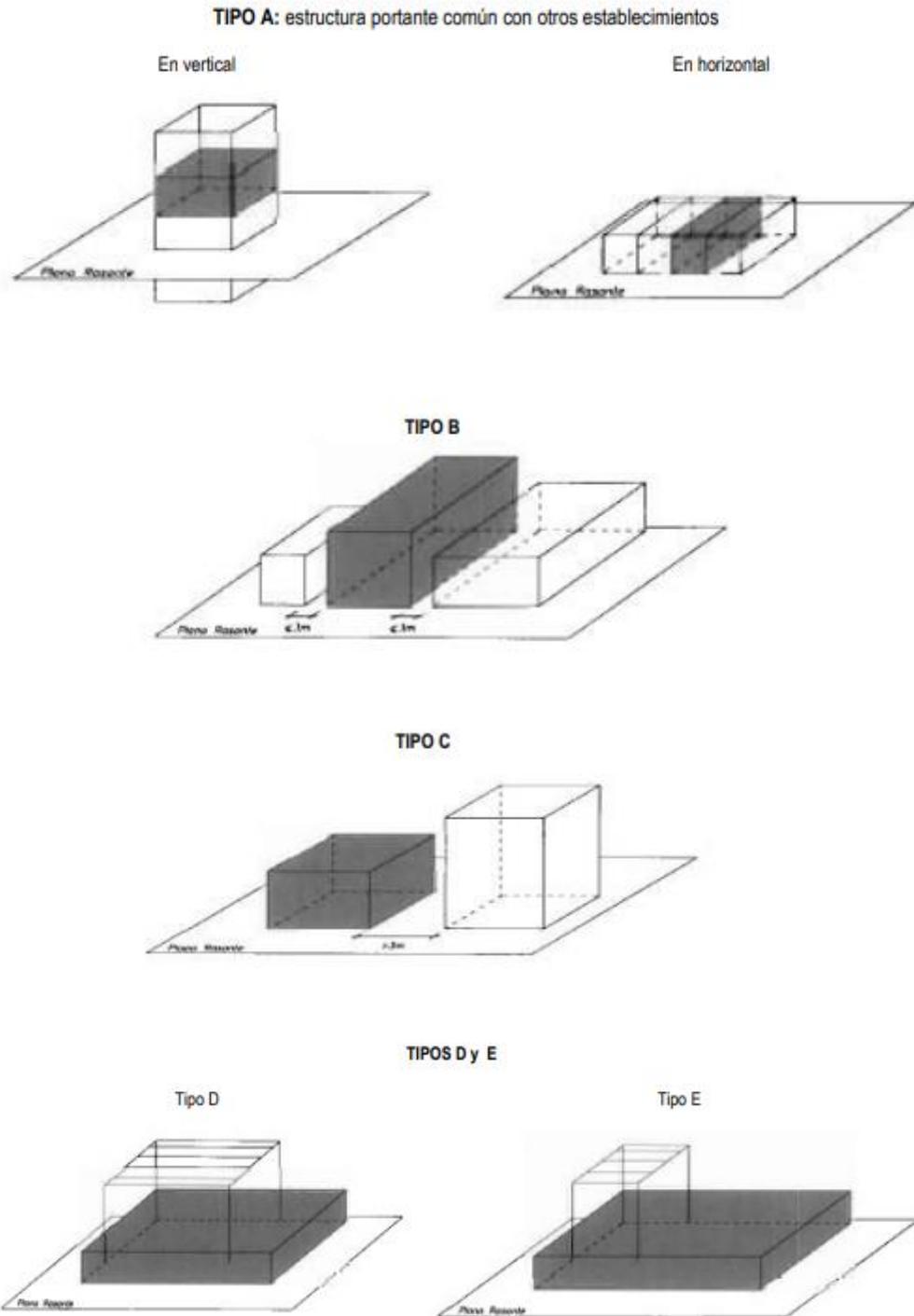


Figura 5.11.1. Representación gráfica de la clasificación de los establecimientos industriales por su configuración y ubicación con relación a su entorno.

Se recoge a continuación en la ([Tabla 5.11.2](#)) la clasificación de las distintas áreas de la planta de INDOXETH5 según los criterios anteriormente descritos.



Tabla 5.11.2. Clasificación de las áreas de INDOXETH5 según su configuración y ubicación con relación a su entorno.

Área	Tipo de edificación
A-100 Entrada y mezcla de materias primas	D
A-200 Reacción química	C
A-300 Absorción	B
A-400 Separación	B
A-500 Destilación	B
A-600 Almacén y zona de carga	C
A-700 Taller de mantenimiento	B
A-800 Gestión de residuos	D
A-900 Oficinas, vestuarios y laboratorio	C
A-1000 Sala de control	B
A-1100 Zona de servicios	C
A-1200 Zona de aparcamiento	E

Cabe destacar que las zonas cuya clasificación corresponde a los tipos A, B o C se consideran sectores de incendio, mientras que las clasificadas como D o E se consideran áreas de incendio, las cuales se definen por el perímetro de las mismas.

5.11.2. Nivel de riesgo intrínseco

Las instalaciones industriales se pueden clasificar, además, según su grado de riesgo intrínseco. El nivel de riesgo intrínseco de un establecimiento industrial indica el riesgo potencial de causar daños físicos y/o materiales en caso de producirse un incendio.



El nivel de riesgo intrínseco de cada sector o área de incendio se evaluará calculando la siguiente expresión (**Ecuación 5.11.1**), que determina la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida de dicho sector o área de incendio.

$$Q_s = \frac{\sum_i G_i q_i C_i}{A} \cdot K \cdot R_a \quad \text{Ecuación 5.11.1}$$

Dónde:

- Q_s : densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área.
- G_i : masa de cada uno de los combustibles que existen en el sector o área.
- q_i : poder calorífico de cada uno de los combustibles que existen en el sector o área.
- C_i : coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad de los combustibles que existen en el sector o área.
- R_a : coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.
- A : superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio.

No obstante, el mismo Real Decreto ofrece una alternativa aproximativa de cálculo dónde no se requiere de la masa de combustible total, sino que se usan unos valores medios recogidos en ese mismo documento jurídico, para cada tipo de actividad realizada en la planta.



El método se divide en dos partes, el cálculo de la densidad de carga de fuego para zonas de producción, transformación, reparación o cualquier otra actividad distinta al almacenamiento, cuya ecuación es la ([Ecuación 5.11.2](#)), y el cálculo de la densidad de carga de fuego para actividades de almacenamiento, el cual se calcula con la ([Ecuación 5.11.3](#)).

$$Q_s = \frac{\sum_i^i q_{si} \cdot S_i \cdot C_i}{A} \cdot R_a \quad \text{Ecuación 5.11.2}$$

$$Q_s = \frac{\sum_i^i q_{vi} \cdot C_i \cdot h_i \cdot s_i}{A} \cdot R_a \quad \text{Ecuación 5.11.3}$$

Donde:

- Q_s , C_i , R_a y A tienen la misma significancia que en la ([Ecuación 5.11.1](#)).
- 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 (i).
- S_i : superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego, q_{si} , diferente.
- q_{vi} : carga de fuego, aportada por cada m^3 de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio.
- h_i : altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles (i).
- s_i : superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio.

Se muestra en la ([Figura 5.11.2](#)) los valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i .

VALORES DEL COEFICIENTE DE PELIGROSIDAD POR COMBUSTIBILIDAD, C_i		
ALTA	MEDIA	BAJA
<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1 - Líquidos clasificados como subclase B₁ en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100 °C. - Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente. - Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como subclase B₂ en la ITC MIE-APQ1. - Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 °C y 200 °C. - Sólidos que emiten gases inflamables. 	<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200 °C.
$C_i = 1,60$	$C_i = 1,30$	$C_i = 1,00$

Figura 5.11.2. Valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad.

La producción de INDOXETH5 queda clasificada como ALTA o MEDIA en función de si se encuentra óxido de etileno o etileno, respectivamente, tratándose de productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente y productos que pueden iniciar una combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente.

Para el coeficiente de peligrosidad por activación, R_a , se ha elegido el valor asociado a la producción de productos químicos combustibles, cuyo valor es 2.0.

Se recoge a continuación en la (Tabla 5.11.3) los valores de coeficiente de peligrosidad, el poder calorífico y el coeficiente de peligrosidad para el óxido de etileno.

Tabla 5.11.3. Cualidades del óxido de etileno para el cálculo del riesgo intrínseco.

Sustancia	Categoría ITC MIE APQ-1	C_i	q_i (Mcal/kg)	R_a
Óxido de etileno	Clase A2	1.6	8.3	2
Etileno	Clase B1	1.3	11.1	2

Con estos valores, es posible determinar el nivel de riesgo intrínseco de la planta de producción de óxido de etileno. Se recoge a continuación en la (Figura 5.11.3).

Nivel de riesgo intrínseco	Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
	<i>Mcal/m²</i>	<i>MJ/m²</i>
<i>Bajo</i>	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
<i>Medio</i>	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1275$
	$300 < Q_s \leq 400$	$1275 < Q_s \leq 1700$
	$400 < Q_s \leq 800$	$1700 < Q_s \leq 3400$
<i>Alto</i>	$800 < Q_s \leq 1600$	$3400 < Q_s \leq 6800$
	$1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$
	$3200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

Figura 5.11.3. Nivel de riesgo intrínseco en función de la densidad de carga del fuego.

Se ha realizado el cálculo del riesgo intrínseco de cada área de la planta de producción INDOXETH5, se recogen los resultados obtenidos en la (Tabla 5.11.4).

Tabla 5.11.4. Clasificación de riesgo intrínseco por áreas.

Área	Superficie	Combustible inflamable	Densidad de carga de fuego	Riesgo de incendio
A-100 Entrada y mezcla de materias primas	1166	Etileno	300	Bajo (2)
A-200 Reacción química	1411	Etileno Óxido de etileno	300	Medio (3)
A-300 Absorción	3189	Etileno Óxido de etileno	300	Medio (3)
A-400 Separación	2539	Óxido de etileno	300	Medio (3)
A-500 Destilación	4976	Óxido de etileno	300	Medio (3)
A-600 Almacén y zona de carga	4510	Óxido de etileno	43700	Alto (8)
A-700 Taller de mantenimiento	2867		400	Bajo (1)
A-800 Gestión de residuos	3834		50	Bajo (1)

Área	Superficie	Combustible inflamable	Densidad de carga de fuego	Riesgo de incendio
A-900 Oficinas, vestuarios y laboratorio	5175		800	Medio (3)
A-1000 Sala de control	898		400	Bajo (1)
A-1100 Zona de servicios	2150	Gas natural	43700	Alto (8)
A-1200 Zona de aparcamiento	3979		50	Bajo (1)

5.11.3. Sistemas de protección contra incendios

Se entiende como sistema de protección contra incendios ⁽¹⁴⁾, el conjunto de medidas que se aplican en un edificio para protegerlo del fuego. Incluye medios e infraestructuras de prevención, detección, alerta y extinción que garanticen la seguridad en caso de incendio.

La prevención de incendios engloba medios pasivos y otros activos.

5.11.3.1. Medios pasivos

Los medios pasivos son los relativos a la fase de diseño y construcción de los espacios. Se estable en estos medios pasivos las medidas mínimas de las salidas, pasillos y escaleras de emergencia, el lugar donde se deben ubicar y el tipo de material ignífugo más recomendable.

Siguiendo los requisitos constructivos de los establecimientos industriales, los medios pasivos de protección contra incendios adoptados por INDOXETH5 son:

- Realizar un tratamiento ignífugo mediante el cual se aíslen las estructuras del edificio y puedan soportar cualquier tipo de fuego.



- Instalar sistemas de protección estructural formados por productos que revistan el pilar o la viga estructural de modo que eviten que las elevadas temperaturas debiliten la estructura y colapse la edificación.
- Usar pinturas intumescentes para recubrir y proteger los elementos de la planta en caso de incendio.
- Compartimentar las edificaciones en diferentes espacios delimitados por paredes y techos resistentes al fuego, de manera que se evite la propagación del fuego de un sector a otro.
- Instalar puertas y cortinas cortafuegos.
- Sellado de huecos (pasos de cables, pasos de tuberías, sellado de juntas, etc.)
- Instalación de conductos de ventilación para la extracción de humos y conductos de ventilación resistentes al fuego.
- Diseño de vías de evacuación del personal en caso de incendio o accidente.
- Instalar señalización de seguridad para la extinción, evacuación y riesgos laborales en caso de incendio.
- Disponer de dispositivos de balizamiento para encauzar el tráfico en caso de evacuación.

5.11.3.2. Medios activos

La protección activa contra incendios es el conjunto de medios, equipos y sistemas instalados para alertar sobre un incendio e impedir que éste se propague evitando las pérdidas y daños producidos por el fuego.



Dentro de estas medidas activas, se pueden diferenciar dos tipos:

- Medidas de detección de incendios: elementos encargados de dar la voz de alarma en el momento en que se genera un incendio.
- Medidas de extinción de incendios: elementos que, ante una alarma de incendio, proceden a la extinción de este de modo automático o se encuentran en disposición para ser usados.

Medidas de detección de incendios:

- Centrales de detección: consisten en tableros de control diseñados exclusivamente para el control de incendios. Supervisan los detectores de humo, temperatura, gas y otros. Cuentan con pulsadores manuales, realizan maniobras con módulos de la central de incendios y activan las sirenas siguiendo el plan de evacuación.
- Detectores: elementos encargados de medir las características del fuego, tales como la producción de humos, el aumento de la temperatura o la emisión de radiación. Existen distintos tipos de detectores en función de la variable medida: Detectores de humo, detectores de temperatura y detectores de llama.

INDOXETH5 dispondrá de los tres tipos de detectores.

Para la detección de humos, se usarán detectores ópticos en las zonas de producción, cuyo funcionamiento se basa en la emisión de luz y un fotorreceptor, el cual hace saltar una alarma si la intensidad del haz de luz se dispersa. Y se usarán detectores iónicos en las zonas de vestuarios, oficinas y zonas comunes, ya que su funcionamiento es más sencillo y sólo activa la alarma si el humo entra en la cámara de ionización, la cual detecta los gases directamente.

Para la detección del aumento de temperatura se usarán tanto detectores térmicos como detectores termovelocimétricos. El



funcionamiento de los primeros consiste en hacer saltar la alarma si la temperatura medida supera un límite establecido, la temperatura de activación más común suele ser los 58°C, pero como existen en el mercado detectores que se activan a los 47°C, se usarán estos últimos para conseguir mayor margen de seguridad. Los detectores termovelocimétricos son capaces de detectar el incremento de temperatura por unidad de tiempo, ofreciendo así la detección en caso de un aumento brusco de la temperatura medida, se usará el valor límite de 8°C por minuto.

Finalmente, para los detectores de llama, se usarán detectores combinados de infrarrojos y ultravioletas, los cuales disponen de sensores de radiación, aumentando así la sensibilidad de detección y reduciendo el riesgo de falsas alarmas.

- Pulsadores: elementos diseñados para ser activados en caso de incendio. Suelen ser botones de color rojo en Europa, pero palancas en EEUU. Cuando se activa el pulsador, éste transmite una señal a la central de detección la cual unos segundos después activará las sirenas.
- Sirenas: son dispositivos de notificación acústicos para alertar a los ocupantes de una edificación de un incendio u otra emergencia.
- Señalización óptico-acústica: Paneles luminosos para utilizar como señal acústica y visual de emergencia en una condición de incendio.

En INDOXETH5 la seguridad es primordial, por lo que se dispondrá de todos los elementos anteriormente citados para la detección precoz de los incendios.

Medidas de extinción de incendios:

Las medidas de extinción de incendios son un tipo de medios activos para la protección de incendios. Ofrecen esta protección mediante agentes extintores contenidos en botellas o conducidos por tuberías hasta los dispositivos

manuales o automáticos, los cuales permiten controlar los incendios hasta la llegada de los bomberos para su extinción completa.

Los sistemas de extinción de incendios utilizados en INDOXETH5 se clasifican en:

- Extintores: aparatos que contienen un agente extintor del fuego, el cual puede ser proyectado y dirigido sobre este mediante la acción de una presión interna, para sofocar el fuego o controlarlo hasta la llegada de profesionales.

Para la elección del agente extintor, es necesario conocer la clase de fuego que se puede producir en la planta de producción. Como se ha mostrado en la (Tabla 5.11.1) las clases de fuego, las clases de fuego susceptibles de ocurrir en la planta son de tipo A, B y C. Se recoge a continuación en la (Tabla 5.11.2) los tipos de agentes extintores más adecuados en función de la clase de fuego.

Tabla 5.11.2. Tipos de agentes extintores en función de la clase de fuego.

Tipo de extintor	Clase de fuego			
	A	B	C	D
De agua pulverizada	Muy adecuado	Aceptable		
De agua a chorro	Adecuado			
De espuma física	Adecuado	Adecuado		
De polvo convencional		Muy adecuado	Adecuado	
De polvo especial				Aceptable
De anhídrido carbónico	Aceptable	Adecuado		
De hidrocarburos halogenados	Aceptable	Adecuado	Aceptable	
Específico para fuegos de metales				Aceptable

Viendo las compatibilidades mostradas en la (Tabla 5.11.2), en INDOXETH5 se usarán extintores de agua pulverizada para los fuegos de clase A y agua a chorro y extintor de polvo convencional para la contención del fuego de clase B y C. Además, se dispondrá de extintores de anhídrido carbónico (CO₂) para los incendios en la red eléctrica, pues



se trata de un agente extintor que no es conductor de la electricidad y además no genera residuos.

Se recoge a continuación en la (Tabla 5.11.3) el número de extintores por área de la planta.

Tabla 5.11.3. Número de extintores distribuidos en cada área de la planta.

Áreas de incendio	Nº de extintores
A-100 Entrada y mezcla de materias primas	6
A-200 Reacción química	13
A-300 Absorción	13
A-400 Separación	12
A-500 Destilación	16
A-600 Almacén y zona de carga	21
A-700 Taller de mantenimiento	10
A-800 Gestión de residuos	17
A-900 Oficinas, vestuarios y laboratorio	8
A-1000 Sala de control	4
A-1100 Zona de servicios	12
A-1200 Zona de aparcamiento	11

- Bocas de incendio equipadas (BIE): se tratan de equipos completos de material contra incendios fijos en la pared y conectados a la red de abastecimiento de agua. Incluye todos los elementos necesarios para su uso (manguera, devanadera, válvula y lanza boquilla). Se situarán a menos de 5 metros de la salida de evacuación. Existen dos tipos de BIE, las de 25 mm de diámetro nominal y las de 45 mm.

Se muestra a continuación en la (Tabla 5.11.4) los requisitos establecidos en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RIPCI).



Tabla 5.11.4. Tipo de BIE según el riesgo intrínseco del establecimiento.

Nivel de riesgo intrínseco del establecimiento industrial	Tipo de BIE	Simultaneidad	Tiempo de autonomía (min)
Bajo	DN 25 mm	2	60
Medio	DN 45 mm	2	60
Alto	DN 45 mm	3	90

En INDOXETH5 se usarán BIE de 45 mm de diámetro nominal, pues ofrecen caudales mayores para la extinción de incendios. Se muestra a continuación en la (Tabla 5.11.5) el número de BIE necesario en cada área.

Tabla 5.11.5. Número de extintores instalados en cada área de la planta de producción.

Áreas de incendio	Nº de bocas de incendio equipadas
A-100 Entrada y mezcla de materias primas	2
A-200 Reacción química	2
A-300 Absorción	2
A-400 Separación	2
A-500 Destilación	2
A-600 Almacén y zona de carga	3
A-700 Taller de mantenimiento	
A-800 Gestión de residuos	1
A-900 Oficinas, vestuarios y laboratorio	
A-1000 Sala de control	
A-1100 Zona de servicios	3
A-1200 Zona de aparcamiento	1

- Hidrantes: son aparatos conectados a una red de abastecimiento de agua destinado a suministrar agua en caso de incendio. No disponen de mangueras, sino que son puntos de unión para que los bomberos y/o servicios de emergencia puedan conectar las suyas.

Se recoge a continuación en la (Tabla 5.11.6) los requisitos para utilizar o no hidrantes en las áreas de proceso en función de la configuración de la zona, su superficie construida y su nivel de riesgo intrínseco.

Tabla 5.11.6. Hidrantes exteriores en función de la configuración de la zona, su superficie construida y su nivel de riesgo intrínseco.

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

Se recoge a continuación en la (Tabla 5.11.7) las necesidades de agua para hidrantes exteriores.

Tabla 5.11.7. Necesidades de agua para hidrantes exteriores en función de la configuración del establecimiento industrial y su nivel de riesgo intrínseco.

Configuración de la zona de incendio	Nivel de riesgo intrínseco					
	Bajo		Medio		Alto	
	Caudal (l/min)	Autonomía (min)	Caudal (l/min)	Autonomía (min)	Caudal (l/min)	Autonomía (min)
A	500	30	1000	60		
B	500	30	1000	60	1000	90
C	500	30	1500	60	2000	90
D y E	1000	30	2000	60	3000	90



Dada la configuración de la planta INDOXETH5 y su nivel de riesgo intrínseco alto, se establece que el caudal de agua necesaria para hidratanter es de 1000, 2000 o 3000 l/min en función de la configuración de la zona de incendio que corresponda a cada área.

- Sistemas fijos de extinción de incendios: estos sistemas tienen como finalidad el control y la extinción de un incendio mediante la descarga en el área protegida, de un agente extintor. INDOXETH5 dispondrá también de estos sistemas de extinción con los agentes extintores que se adecuan a las necesidades de la planta.

5.11.4. Sistemas de abastecimiento de agua

Un sistema de abastecimiento de agua contra incendios está formado por el sistema de impulsión, una fuente de agua y la red de tubería y consiste en un equipo de bombeo que suministra el caudal y presión requeridos, acompañado de un depósito de capacidad útil suficiente para garantizar la autonomía de los sistemas.

Es necesario en una instalación industrial disponer de la reserva de agua que se requiere. Para el cálculo del caudal y reserva de agua necesaria cuando en la instalación coexisten varios sistemas de extinción se ha calculado usando la (Figura 5.11.4) perteneciente al Real Decreto 2267/2004.

TIPO DE INSTALACIÓN	BIE [1]	HIDRANTES [2]	ROCIADORES AUTOMÁTICOS [3]	AGUA PULVERIZADA [4]	ESPUMA [5]
[1] BIE	Q_B/R_B	(a) Q_H/R_H (b) $Q_B, Q_H/R_B+R_H$	Q_{RA}/R_{RA}		
		----- $0,5 Q_H+Q_{RA} \quad 0,5 R_H+R_{RA}$			
[2] HIDRANTES	(a) Q_H/R_H (b) Q_B+Q_H/R_B+R_H	$0,5 Q_H + Q_{RA} + 0,5 R_H + R_{RA}$	Q_{RA}/R_{RA}	$Q \text{ mayor}$ $R \text{ mayor}$ (una instal.)	$Q \text{ mayor, R mayor}$ (una instalación)
[3] ROCIADORES AUTOMÁTICOS	Q_{RA}/R_{RA}	$Q \text{ mayor}$ $R \text{ mayor}$ (una instal.)	Q_{RA}/R_{RA}	$Q \text{ mayor}$ $R \text{ mayor}$ (una instalación)	$Q \text{ mayor}$ $R \text{ mayor}$ (una instalación)
[4] AGUA PULVERIZADA		$0,5 Q_H + Q_{AP}/0,5 R_H + R_{AP}$	$Q_{AP} + Q_E$ $R_{AP} + R_E$	$Q \text{ mayor}$ $R \text{ mayor}$ (una instalación)	$Q_{AP} + Q_E$ $R_{AP} + R_E$
[5] ESPUMA		$Q \text{ mayor}$ $R \text{ mayor}$ (una instal.)	$Q \text{ mayor}$ $R \text{ mayor}$ (una instalación)	$Q_{AP} + Q_E$ $R_{AP} + R_E$	Q_E/R_E
		----- $Q_{AP} + Q_E \quad R_{AP} + R_E$			

Figura 5.11.4. Cuadro resumen para el cálculo del caudal (Q) y reserva (R) de agua cuando en una instalación coexisten varios sistemas de extinción.

Reserva de agua para las BIE

En el Real Decreto 2267/2004 se establece el tipo de BIE que debe ser instalada en función del riesgo intrínseco del área. Se muestra en la (Figura 5.11.5) los requisitos establecidos en este reglamento.

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

Figura 5.11.5. Requerimientos de BIE en función del riesgo intrínseco del área.

Conociendo estos requisitos, se puede hacer el cálculo del volumen necesario de agua para las BIE de la planta INDOXETH5. Se recoge a continuación en la (Tabla 5.11.8) los resultados obtenidos.

Tabla 5.11.8. Necesidades agua para las BIE en cada área de la planta.

Áreas de incendio	Nº de BIE	Tipo BIE	Riesgo de incendio	Caudal/BIE (l/s)	Caudal (l/min)	Autonomía (min)	Volumen (m ³)
A-100 Entrada y mezcla de materias primas	2	DN25	Bajo (2)	1.6	192	60	11.52
A-200 Reacción química	2	DN45	Medio (3)	3.3	396	60	23.76
A-300 Absorción	2	DN45	Medio (3)	3.3	396	60	23.76
A-400 Separación	2	DN45	Medio (3)	3.3	396	60	23.76
A-500 Destilación	2	DN45	Medio (3)	3.3	396	60	23.76
A-600 Almacén y zona de carga	3	DN45	Alto (8)	3.3	594	90	53.46
A-800 Gestión de residuos	2	DN25	Bajo (1)	1.6	192	60	11.52
A-1100 Zona de servicios	3	DN45	Alto (8)	3.3	594	90	53.46
A-1200 Zona de aparcamiento	2	DN25	Bajo (1)	1.6	192	60	11.52

Se obtiene un total de 236.5 m³ de reserva de agua para las BIE de INDOXETH5.

Reserva de agua para los hidrantes

Se establece también en el mismo real decreto, el caudal de agua necesario y su autonomía en función de la configuración del área industrial y en nivel de riesgo intrínseco. Se muestra en la (Figura 5.11.6) estos requerimientos de agua.

CONFIGURACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO					
	BAJO		MEDIO		ALTO	
TIPO	CAUDAL (L/MIN)	AUTON. (MIN)	CAUDAL (L/MIN)	AUTON. (MIN)	CAUDAL (L/MIN)	AUTON. (MIN)
A	500	30	1000	60	---	---
B	500	30	1000	60	1000	90
C	500	30	1500	60	2000	90
D y E	1000	30	2000	60	3000	90

Figura 5.11.6. Necesidades de agua para hidrantes exteriores.



Se recoge a continuación en la (Tabla 5.11.9) las necesidades de agua calculadas para los hidrantes de INDOXETH5.

Tabla 5.11.9. Cálculo de las necesidades de agua para cada hidrante situado en la planta.

Área	Tipo de edificación	Riesgo de incendio	Superficie	Caudal (l/min)	Autonomía (min)	Volumen (m3)
A-100 Entrada y mezcla de materias primas	D	Bajo (2)	1166	1000	30	30
A-300 Absorción	B	Medio (3)	3189	1000	60	60
A-400 Separación	B	Medio (3)	2539	1000	60	60
A-500 Destilación	B	Medio (3)	4976	1000	60	60
A-600 Almacén y zona de carga	D	Alto (8)	4510	3000	90	270
A-800 Gestión de residuos	D	Bajo (1)	3834	1000	30	30
A-900 Oficinas, vestuarios y laboratorio	C	Medio (3)	5175	1500	60	90
A-1000 Sala de control	B	Bajo (1)	898	500	30	15
A-1100 Zona de servicios	C	Alto (8)	2150	2000	90	180
A-1200 Zona de aparcamiento	E	Bajo (1)	3979	1000	30	30

Se obtiene un volumen de agua total de 825 m³ para cubrir las necesidades de los hidrantes de la planta INDOXETH5.

Reserva de agua para los sistemas fijos de extinción de incendios

Para el cálculo de las necesidades de agua de los aspersores fijos, es necesario conocer la densidad de aplicación de agua de estos sistemas de extinción y su autonomía.

- Densidad de aplicación: 15 l/(min·m²).
- Superficie total de aplicación: 13667 m².
- Autonomía: 90 min.



Por lo que el volumen total de agua necesario para los aspersores fijos es de 18450.5 m³.

Con todos los volúmenes de agua calculados, se puede obtener el volumen total necesario para la extinción de incendios en la planta INDOXETH5, cuyo valor asciende hasta 19512 m³. Por lo que será necesario un tanque de al menos 20000 m³ para cubrir todas las necesidades de agua para incendios.

5.11.5. Estación de bombeo de agua

Para el correcto abastecimiento de agua contra incendios, es necesaria la instalación de una red de incendios.

Una estación de bombeo de agua para incendios está compuesta por una bomba principal, provista de un motor eléctrico. Dispone además de dos bombas de repuesto, una con un motor diésel y una con motor eléctrico. Cada bomba está formada por un conjunto de tuberías y de pozos de bombeo. Las tuberías son de dos tipos: de succión y de descarga. De esta manera, la tubería de succión absorbe el agua para después, a través de la tubería de descarga, impulsarlo para distribuirlo por toda la red.

En otras palabras, las estaciones de bombeo están orientadas a transportar el agua, a través de la presión, hacia un punto de mayor o menor altitud.

Para la determinación del volumen de tanque de almacenamiento de agua necesario, se estima una capacidad de 20000 m³, el cual estará ubicado en el área 800 de gestión de residuos.

Toda la instalación de protección contra incendios requiere de revisiones y pruebas periódicas para asegurar su correcto estado y funcionamiento.

5.11.6. Cálculo de incendios

Dado que INDOXETH5 trabaja con productos combustibles, sobre todo con óxido de etileno, es preciso realizar un cálculo a modo de simulación en caso de incendio. Este cálculo se recoge en el **Volumen 11. Manual de cálculos**.

Se recogen en la (**Tabla 5.11.8**) los resultados obtenidos de la radiación térmica percibida en función de la distancia al foco del incendio. Se ha realizado el cálculo aplicado a un tanque de almacenamiento, pues es donde se da la mayor acumulación de óxido de etileno de la planta.

Tabla 5.11.8. Resultados de la radiación percibida en función de la distancia al foco del incendio.

Distancia al foco del fuego (m)	Radiación térmica percibida (kW/m ²)	Transmisividad atmosférica	Factor de vista (m ⁻²)
3.3	81.4	0.84	8.96E-04
10	26.5	0.80	3.06E-04
20	9.67	0.77	1.17E-04
30	4.91	0.75	6.10E-05

Se muestra en la (**Tabla 5.11.9**) las características del fuego formado.

Tabla 5.11.9. Características del posible fuego ocasionado en un tanque de almacenamiento.

Altura del fuego (m)	Diámetro del fuego (m)	Área del fuego (m ²)	Calor emitido por radiación (kW/m ²)	Velocidad de combustión (kg/s·m ²)
17.54	12.25	1159.432	94.94	5.17E-02

5.12. Normativa ATEX

5.12.1. Introducción

Para determinar el nivel de seguridad necesario para el material eléctrico instalado en INDOXETH5, se ha utilizado la clasificación por zonas, pues se trata de una atmósfera explosiva.



Se entiende por atmósfera explosiva ⁽¹⁵⁾ 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.

Para que se dé una atmósfera potencialmente explosiva se requiere la combinación de la mezcla de una sustancia inflamable con un oxidante a una concentración determinada, y una fuente de ignición. El riesgo se hace mayor y más complicado cuando la atmósfera explosiva se encuentra en un espacio confinado y con trabajos de manipulación de esas sustancias en muy diversas industrias y procesos productivos.

La Directiva ATEX describe qué tipo de equipamiento y ambiente es permitido para el trabajo en una atmósfera explosiva. La directiva cubre un amplio margen de herramientas.

5.12.2. Zonas ATEX

Se pueden diferenciar dos clases de atmósferas explosivas, aquellas en las que el combustible es un gas y aquellas en las que se trata de polvo. Cada clase de ATEX se divide en grupos y zonas:

- Grupo I: Material destinado a las minas de grisú.
 - Categoría M1: Presencia de metano y/o polvos.
 - Categoría M2: Riesgo de presencia de metano y/o polvos.
- Grupo II: Material destinado a lugares expuestos a atmósferas explosivas diferentes de las minas de grisú.
 - Zona 0: Presencia de atmósferas explosivas permanente, frecuente o durante largos periodos.
 - Zona 1: Presencia de atmósferas explosivas intermitente en servicio normal (probable).



- Zona 2: Presencia de atmósferas explosivas episódica o durante cortos periodos (nunca en funcionamiento normal).
- Grupo III: Material destinado para una utilización en emplazamiento en los que existe una atmósfera de polvos explosivos, diferentes a los de las minas de grisú:
 - Zona 20: Presencia de atmósferas explosivas permanente, frecuente o durante largos períodos (mezclas aire/polvo).
 - Zona 21: Presencia de atmósferas explosivas intermitente en servicio normal.
 - Zona 22: Presencia de atmósferas explosivas esporádica o durante cortos períodos.

5.12.3. Clasificación en INDOXETH5

Se muestra a continuación en la ([Tabla 5.12.1](#)) la clasificación de zonas elegida para la planta de producción INDOXETH5.

Tabla 5.12.1. Clasificación ATEX de cada zona de la planta de producción INDOXETH5.

Zona de riesgo	Equipo	Identificación zonas de riesgo	Clasificación
Área 100	M101	Interior	Zona 0
		Alrededores	Zona 2
	M102a/b	Interior	Zona 0
		Alrededores	Zona 2
	M103a/b	Interior	Zona 0
		Alrededores	Zona 2
Área 200	R201a/b	Interior	Zona 0
		Salida reactor	Zona 0
		Salida de alivio	Zona 1
		Alrededores	Zona 2
Área 300	W301a/b	Interior	Zona 0
		Salida de alivio	Zona 1
		Salidas de la columna	Zona 1
	Alrededores	Zona 2	
	W302a/b	Interior	Zona 0
Salida de alivio		Zona 1	



Zona de riesgo	Equipo	Identificación zonas de riesgo	Clasificación
Área 400	S401a/b	Salidas de la columna	Zona 1
		Alrededores	Zona 2
		Interior	Zona 0
		Salida de alivio	Zona 1
		Salidas del separador	Zona 1
		Alrededores	Zona 2
Área 500	D501a/b	Interior	Zona 0
		Salida de alivio	Zona 1
		Salidas de la columna	Zona 1
	D502a/b	Alrededores	Zona 2
		Interior	Zona 0
		Salida de alivio	Zona 1
Área 600	T601a/b	Salidas de la columna	Zona 1
		Alrededores	Zona 2
		Interior	Zona 0
	T602a/b	Salida de alivio	Zona 1
		Conexión con el camión	Zona 1
		Alrededores	Zona 2

5.12.4. Medidas de protección frente a explosiones

Marta Mendoza Belio, experta en protección frente a explosiones, dijo en una entrevista ⁽¹⁶⁾ para DENIOS los pasos a tener en cuenta para la protección frente a explosiones:

- Primer paso: Procurar que no se produzca una atmósfera con potencial explosivo. Controlar la mezcla entre oxígeno y sustancia inflamable para hacer imposible que ocurra una explosión.
- Segundo paso: Evitar que se produzca una fuente de ignición. Si en una atmósfera con potencial explosivo no existe una fuente de ignición, desaparece el riesgo.



- Tercer paso: Limitar la explosión a un nivel inocuo o de bajo riesgo. Una medida técnica que se puede implementar es la despresurización. Los dispositivos de descompresión de emergencia pueden resultar ser un elemento de seguridad vital.

En INDOXETH5 se seguirán estos consejos para reducir al máximo el riesgo de explosión en la planta.

5.12.5. Cálculo de explosiones

Dado que en INDOXETH5 se almacenan grandes cantidades de óxido de etileno, el cual es sumamente explosivo, se ha realizado el cálculo para predecir las consecuencias de una explosión en los tanques de almacenaje. Este cálculo se recoge en el **Volumen 11. Manual de cálculos**. Se ha realizado el cálculo suponiendo un incremento de la temperatura hasta 40°C y una presión de estallido de 6.2 bar, correspondiente a la presión de diseño de los tanques de almacenaje.

Se muestra a continuación en la (**Tabla 5.12.2**) los resultados obtenidos de radiación térmica y de presión recibidos en función de la distancia a la explosión.

Tabla 5.12.2. Resultados de presión y radiación térmica percibida en función de la distancia a la explosión.

Distancia (m)	Presión percibida (bar)	Daño causado	Radiación térmica percibida (kW/m ²)
50	1.05	Daños estructurales menores	448.1
100	1.029	Cristales rotos en un 90%	289.0
150	1.02	Cristales rotos en un 80%	170.6
200	1.017	Cristales rotos en un 70%	102.2
250	1.01	Cristales rotos en un 50%	64.3

Se recoge a continuación en la (**Tabla 5.12.3**) las características de la bola de fuego que se formaría en caso de explosión.

Tabla 5.12.3. Resultados de las características de la bola de fuego formada.

Calor emitido (kW/m ²)	Diámetro máximo de bola de fuego (m)	Diámetro inicial de la bola de fuego (m)	Altura de la bola de fuego (m)	Duración de la bola de fuego (s)	Distancia de seguridad (m)
189.86	270.8	352.0	203.1	16.3	645.5

Se ha realizado el cálculo aproximado de los fragmentos que resultarían de la explosión de un tanque. Se muestra a continuación en la (Tabla 5.12.4) las características de estos fragmentos. El procedimiento seguido para la obtención de estos resultados se recoge en el **Volumen 11. Manual de cálculos**.

Tabla 5.12.4. Resultados de las características de la bola de fuego formada.

Número de fragmentos	Área de cada fragmento (m ²)	Diámetro (m)	Peso (kg)	Velocidad (m/s)	Distancia recorrida (m)
3	64.2	4.52	17911.9	96.32	1122.06

5.13. Iluminación de la planta y seguridad eléctrica

5.13.1. Iluminación de la planta

La iluminación ⁽¹⁷⁾ es una parte fundamental en el acondicionamiento de los puestos de trabajo. Una deficiencia de luz puede provocar un aumento de la fatiga visual, reducción del rendimiento, incremento de los errores e incluso puede llegar a producir accidentes.

Cuando se hace referencia a la iluminación, se debe considerar tanto la iluminación natural como la artificial. La luz natural causa menor fatiga visual, por este motivo, se han desarrollado técnicas que maximizan el aprovechamiento de este tipo de luz.

La iluminación artificial se debe usar cuando no se pueda emplear la luz natural o para complementarla. A la hora de evaluar y adecuar una iluminación artificial en un puesto de trabajo, se deben considerar aspectos relacionados



con el trabajador, con el tipo de tarea que se debe desempeñar y los propiamente relacionados con la iluminación.

Según el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, el nivel mínimo de iluminación según la tarea que se ejecuta en cada zona queda recogido en la (Tabla 5.13.1). Se muestra el nivel mínimo de iluminación en Lux, la unidad derivada del SI para la iluminancia equivale a un lumen/m².

Tabla 5.13.1. Niveles mínimos de iluminación según la tarea ejecutada en cada zona o área de trabajo.

Zona o parte del lugar de trabajo donde se ejecuten tareas con:	Nivel mínimo de iluminación (Lux)
Bajas exigencias visuales	100
Exigencias visuales moderadas	200
Exigencias visuales altas	500
Exigencias visuales muy altas	1000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

Es necesario evaluar la iluminación en los puestos de trabajo y asegurar el cumplimiento de la normativa, para ello, se elige el “Cuestionario. Evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo” del INSHT, el cual dispone de dos herramientas: por un lado, un cuestionario para que el técnico sea capaz de llevar a cabo una evaluación, que se denomina “test de iluminación”, y, por otro lado, un apartado de “cuestionario subjetivo”, dónde quedarán reflejadas las observaciones de los trabajadores. Dispone además de una guía de soluciones.

5.13.2. Seguridad eléctrica

Se entiende por seguridad eléctrica ⁽¹⁸⁾, aquellas medidas que aseguran el buen uso de la energía eléctrica y el mantenimiento de sistema eléctricos para que no represente un riesgo para las personas.



Para garantizar la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, se deberá adaptar el tipo de instalación eléctrica de un lugar de trabajo y las características de sus componentes a las condiciones específicas del propio lugar, de la actividad desarrollada en él y de los equipos eléctricos.

Se deberán tener en cuenta los siguientes factores:

- Las características conductoras del lugar de trabajo.
- La presencia de atmósferas explosivas, materiales inflamables o ambientes corrosivos.
- Otros factores que aumenten el riesgo eléctrico.

Solo podrán utilizarse equipos eléctricos para los que el sistema o modo de protección previstos sea compatible con el tipo de instalación eléctrica existente. Esta instalación eléctrica se mantendrá de forma adecuada y se revisará periódicamente de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Deberá cumplir lo establecido en la reglamentación eléctrica y cualquier otra normativa que sea de aplicación.

5.13.2.1. Medidas preventivas y de protección

- Información de los riesgos existentes:
 - Señalización de riesgos: mediante las correspondientes señales de seguridad.
 - Instrucciones específicas de trabajo con riesgos eléctricos. En las que se detalla el procedimiento de trabajo.
 - Formación de los trabajadores.
- Medidas de protección:
 - Individuales: como EPI's, alfombras aislantes, herramientas con mangos de plásticos, etc.



- En instalaciones, equipos de trabajo y herramientas muy complejas en su desarrollo técnico, pero que se garantiza su seguridad:
 - Exigiendo el cumplimiento de la normativa, en el proceso de construcción de las instalaciones.
 - Adquiriendo material con marcado CE, para equipos de trabajo y herramientas.

5.13.2.2. Procedimiento de trabajo con riesgo eléctrico

Para realizar un trabajo con riesgo eléctrico, en general, deberán tenerse en cuenta una serie de medidas:

- Antes de iniciar los trabajos, el encargado debe asegurarse que se cumplen las condiciones mínimas de seguridad.
- Se realizará un estudio previo de la maniobra, planificándose ésta, siguiendo normas de seguridad y evaluando los riesgos.
- Se deberá realizar un croquis de situación y enumerar los elementos que intervienen.
- Los operarios deberán de estar cualificados para realizar las tareas.
- Cada operario deberá comprender la tarea asignada, antes de iniciarla. No se debe actuar nunca en caso de duda.
- Todo el personal deberá disponer, al comienzo de los trabajos, de los equipos de protección necesarios.
- Se deberá avisar cuando se quite o se meta corriente en los equipos.
- Al conectar los circuitos, se retirarán las puestas a tierra, enclavamientos y bloqueos colocados con anterioridad.



- En lugar de trabajo de deberá mantener en un buen estado de limpieza.
- Se deberá asegurar que en el lugar de trabajo no han quedado herramientas ni materiales que puedan ocasionar averías o incidentes.

De manera general, en INDOXETH5 se adoptarán las siguientes medidas:

- Abrir con corte visible todas las fuentes de tensión mediante interruptores y seccionadores que aseguren la imposibilidad de su cierre.
- Enclavamiento o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte y señalización en el mando de éstos.
- Comprobar la ausencia de tensión con un tensiómetro.
- Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión.
- Colocar las señales de seguridad adecuadas, delimitando la zona de trabajo.

5.14. Higiene

El Real Decreto 486/1997 dictamina las directrices básicas que hay que garantizar a los trabajadores de la planta para que la higiene no sea un riesgo para la salud. Por ese motivo, seguidamente se exponen los principales puntos de higiene en planta y personal.



5.14.1. Higiene en planta

Las principales condiciones de higiene en planta serán mantener las zonas de paso, salidas, vías de circulación y zonas de trabajo limpias y libres de obstáculos, sobre todo las salidas de emergencia, para poder utilizarlas en cualquier momento que sea necesario.

Además, los lugares de trabajo se lavarán de forma periódica por el personal de limpieza, siempre de forma segura y con las condiciones higiénicas adecuadas. Con esta finalidad, la planta debe estar diseñada de manera que suelos, paredes y techos sean fáciles de acceder para su limpieza o mantenimiento. Cualquier basura, material sin uso o manchas de compuestos químicos o grasa se limpiará al momento y de manera apropiada para que no pueda ocasionar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

En conclusión, para mantener la higiene en planta es necesario una buena organización de la limpieza de esta, y la formación de los trabajadores para que mantengan sus lugares de trabajo, y la planta en general, siempre lo más limpio y ordenado posible.

5.14.2. Higiene personal

Para la higiene personal, habrá baños repartidos por los lugares de trabajo más comunes. Además, INDOXETH5 cuenta con vestuarios para todo trabajador que necesite o quiera cambiarse o asearse después de una jornada laboral.

Es primordial dar unas medidas básicas como agua potable, temperaturas de trabajo aceptables (17-25°C), renovaciones de 30 m³ de aire por trabajador y hora y mantenimientos adecuados y periódicos de los elementos de trabajo utilizados por los trabajadores.

No obstante, los trabajadores deberán poner de su parte, y si no es así pueden ser sancionados. Deberán mantener sus lugares de trabajo limpios y ordenados, deberán ser cuidadosos con su higiene personal y salud, y deberán notificar cualquier problema, duda o sugerencia que tengan a un superior.



5.15. Seguridad y salud

La preocupación por la seguridad en el trabajo se debe considerar como uno de los aspectos de mayor importancia y a tener en cuenta dentro de una planta, por lo tanto, debe de estar presente en todas las fases de diseño de dicha planta.

La Ley de prevención de riesgos laborales (BOE, edición actualizada a 10 de abril de 2018) tiene como objetivo primordial, promover la seguridad y la salud de los trabajadores, con la ayuda de la aplicación de una serie de medidas preventivas y del desarrollo de actividades, las cuales son necesarias, para la prevención de los riesgos derivados del trabajo.

Por ese motivo, INDOXETH5 tendrá un plan de prevención de riesgos laborales y, además, debido a que INDOXETH5 también está a favor de la igualdad social, tendrá un plan de igualdad en la empresa, para que todo el mundo tenga las mismas condiciones. Un ejemplo de este plan de igualdad es que, en el currículum, no se pedirá foto ni género, ya que simplemente interesa la formación y las cualidades de la persona.

5.15.1. Funciones y responsabilidades

Según el Real Decreto 436/1997, el empresario debe garantizar el cumplimiento de todas las acciones de limpieza, mantenimiento, orden, iluminación, horas de descanso, materiales de protección y primeros auxilios, entre otros, para garantizar que las condiciones de trabajo sean seguras y óptimas. Igual que el empresario tiene sus obligaciones, los trabajadores tienen las suyas. Los empleados deben cumplir con todas las normativas que se encuentran recogidas en la ley 31/1995 de prevención y riesgos laborales. Por ese motivo, a continuación, se nombran las funciones y responsabilidades de cada empleado de la empresa.

Empresario

- Garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores e integrar la actividad preventiva en la empresa.



- Aprobar el Plan de Prevención de riesgos laborales.
- Definir las funciones y responsabilidades correspondientes a cada nivel jerárquico.
- Establecer la estructura organizativa necesaria y obligatoria para la realización de las actividades preventivas.
- Designar al Coordinador de Prevención y elegir la modalidad organizativa de la empresa.
- Establecer las competencias y las interrelaciones de cada departamento en materia de prevención de riesgos laborales.
- Asignar los recursos necesarios, tanto humanos como técnicos, materiales y económicos, para conseguir los objetivos y metas establecidos en el Plan de Prevención.
- Promover y participar en reuniones periódicas para analizar y discutir temas de seguridad y salud, y procurar tratar también estos temas en las reuniones normales de trabajo.
- Realizar periódicamente revisiones de la política, organización y actividades de la empresa, revisando los resultados de la misma.
- Mostrar interés por los accidentes laborales acaecidos y por las medidas adoptadas para evitar su repetición.
- Consultar a los trabajadores en la adopción de decisiones que puedan afectar a la seguridad, salud y condiciones de trabajo.
- Aprobar y verificar que se aplican los procedimientos de las diferentes actividades preventivas y las instrucciones de trabajo.



- Aquellas otras funciones que se especifiquen en los procedimientos e instrucciones de la empresa.

Ingeniero de seguridad y medio ambiente

El ingeniero de seguridad y medio ambiente, cuando se encarga de la parte de seguridad también se le suele llamar como coordinador de prevención, y así es como se hará en este apartado.

- Facilitar la integración de la prevención en el proceso productivo y en el sistema de gestión de la empresa.
- Colaborar en la definición del Plan de Prevención de riesgos laborales.
- Coordinar las actividades que el Servicio de Prevención ha de realizar en la empresa (formación, Visitas de Seguridad, reuniones, etc.).
- Mantener actualizada la Planificación de la Actividad Preventiva de la empresa, estableciendo las comunicaciones necesarias con el Comité de Seguridad y Salud, los responsables de ejecución y control de las medidas preventivas y de protección, la Dirección de la empresa y el Servicio de Prevención.
- Visitar periódicamente los lugares de trabajo para poder estimular comportamientos eficientes, detectar deficiencias y trasladar interés por su solución.
- Asegurar la comunicación al Servicio de Prevención de los aspectos recogidos en el Manual de Comunicación Empresa- Servicio de Prevención.
- Comunicar al Servicio de Prevención, las situaciones en que sea necesario la presencia en el centro de trabajo de recursos preventivos, de acuerdo con lo establecido en el artículo 32 bis de la Ley 54/2003.



- Canalizar la información de interés en materia preventiva hacia la estructura de la organización, así como del desarrollo de la acción preventiva.
- Revisar y controlar la documentación referente a la prevención de riesgos laborales asegurando su utilización y disponibilidad.
- Aquellas otras funciones que se especifiquen en los procedimientos e instrucciones de la empresa.

Responsables de departamento / sección

- Informar a los trabajadores afectados de los riesgos existentes en sus puestos de trabajo y de las medidas preventivas y de protección a adoptar.
- Analizar los trabajos que se llevan a cabo en su departamento/sección con el objeto de detectar posibles riesgos o deficiencias para su eliminación o minimización.
- Elaborar, o participar en la elaboración, y transmitir los procedimientos y las prácticas (instrucciones) referentes a los trabajos que se realicen en su departamento/sección, o en su área de responsabilidad.
- Cumplir, y velar por el cumplimiento de dichos procedimientos e instrucciones por parte de los trabajadores a su cargo, asegurándose que se llevan a cabo en las debidas condiciones de seguridad.
- Investigar, o participar en la investigación, de todos los accidentes e incidentes ocurridos en su departamento/sección según el procedimiento establecido.
- Formar a los trabajadores para la correcta realización de las tareas que tengan asignadas y detectar las necesidades al respecto.



- Colaborar para una adecuada coordinación de actividades empresariales respecto a los trabajadores a su cargo y para los trabajadores de sus contratas/subcontratas y trabajadores autónomos contratados por la empresa, y velar por el cumplimiento de los procedimientos e instrucciones establecidos por la empresa.
- Aquellas otras funciones que se especifiquen en los procedimientos e instrucciones de la empresa.

Servicio de prevención subcontratado

- El Servicio de Prevención realizará las actividades preventivas de acuerdo con lo especificado en el correspondiente contrato de servicios y según la programación anual de actividades que consta en el anexo del contrato.
- Además, a requerimiento por escrito de la empresa, un técnico del Servicio de Prevención podrá estar presente en las situaciones que contempla el artículo 32 bis de la Ley 31/1995 y artículo 22 bis del RD 39/1997, cuando así se establezca contractualmente entre ambas partes.
- El Servicio de Prevención presentará anualmente la memoria de las actividades realizadas y la nueva programación. Las actividades programadas deberán constar en un anexo al contrato de servicios, que serán las que deberá desarrollar el Servicio de Prevención.

Trabajadores

- Velar por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional.
- En función de su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:



- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario, de acuerdo con las instrucciones recibidas de éste.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes o que se instalen en los medios relacionados con su actividad o en los lugares de trabajo en los que ésta tenga lugar.
- Informar de inmediato a su superior jerárquico directo, y a los trabajadores designados para realizar actividades de protección y de prevención o, en su caso, al servicio de prevención, acerca de cualquier situación que, a su juicio, entrañe, por motivos razonables, un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente con el fin de proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Cooperar con el empresario para que éste pueda garantizar unas condiciones de trabajo que sean seguras y no entrañen riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Mantener limpio y ordenado su entorno de trabajo, situando los equipos de trabajo y materiales en los lugares asignados.
- Sugerir las medidas que considere oportunas en su ámbito de trabajo para mejorar la calidad, la seguridad y la eficacia del mismo.



- Conocer y cumplir con la normativa, procedimientos e instrucciones que afecten a su trabajo en materia de prevención de riesgos.

5.15.2. Medidas generales de prevención

En INDOXETH5 se tendrá subcontratado un servicio ajeno de prevención de riesgos laborales que se encargará de la evaluación de riesgos laborales, los estudios de riesgos o los estudios de las medidas de prevención y la vigilancia de la salud de los trabajadores. Este servicio, estará siempre en coordinación con el ingeniero de seguridad y medio ambiente de INDOXETH5.

5.15.2.1. Técnicas analíticas

Las técnicas analíticas identifican las causas de posibles accidentes de forma analítica, es decir, mediante los siguientes puntos:

- Notificaciones y registros de accidentes.
- Auditorias e inspecciones de seguridad.
- Análisis estadísticos de accidentabilidad.
- Investigación de la causa y el porqué de los accidentes.

5.15.2.2. Técnicas operativas

Las técnicas operativas se basan en la eliminación de los factores de riesgo, o al menos, intentar minimizar los efectos que producen estos. Hay diferentes técnicas operativas:

- Técnicas integradas con el diseño de equipos y proyectos de instalaciones.
- Técnicas integradas en la definición de los métodos de trabajo.
- Técnicas de selección de personal.



- Formación sobre los riesgos existentes en la planta y sus correspondientes medidas de prevención.
- Equipos de protección individual.
- Normas de seguridad correspondientes.
- Adaptación de sistemas de seguridad y protección de maquinaria.

5.15.3. Identificación de procesos y procedimientos de prevención

Para la organización se tendrán en cuenta los siguientes elementos, algunos ya explicados anteriormente:

- Evaluación de riesgos: Puestos de trabajo, tareas, instalaciones, máquinas y equipos, productos, etc.
- Planificación de la actividad preventiva: Prioridad, plazos de ejecución, responsables, recursos económicos y humanos.
- Ejecución: Medidas de prevención en el origen y de protección colectiva, información y formación, equipos de protección individual, señalización de seguridad, vigilancia de salud.
- Seguimiento y control: Orden y limpieza, revisiones y visitas, mantenimiento preventivo, seguimiento y control de medidas preventivas y correctoras, control de riesgos higiénicos, ergonómicos y psicosociológicos, vigilancia de la salud.

En los siguientes procedimientos se explica la forma especificada de realización de una actividad. Conviene especificar el objetivo del procedimiento, su alcance o ámbito de aplicación y otras precisiones relativas a quién debe hacerla (responsabilidades).



Tiene que incluir, como mínimo, qué debe realizarse y cómo debe hacerse (el método de realización).

Tabla 5.15.1. Tabla con códigos y procedimientos y practicas preventivas.

Código	Procedimientos y prácticas preventivas
PR-PO-01	Procedimiento de investigación de accidentes, incidentes y enfermedades profesionales
PR-PO-02	Procedimiento de coordinación de actividades empresariales.
PR-PO-03	Procedimiento de gestión de equipos de protección individual.
PR-PO-04	Procedimiento de comunicación de riesgos y sugerencias de mejora.
PR-PO-05	Procedimiento de información en prevención de riesgos laborales.
PR-PO-06	Procedimiento de seguimiento y control de las medidas preventivas y correctoras.
PR-PO-07	Procedimiento de consulta y participación.
PR-PO-08	Procedimiento de evaluación de riesgos.
PR-PO-09	Procedimiento de planificación de la actividad preventiva.
PR-PO-10	Procedimiento de formación inicial y continuada de los trabajadores.
PR-PO-11	Procedimiento de actuación en caso de emergencia y de riesgo grave e inminente.
PR-PO-12	Procedimiento de vigilancia de la salud.
PR-PO-13	Procedimiento de gestión de la documentación.
PR-PO-14	Procedimiento de mantenimiento de equipos de trabajo.
PR-PO-15	Procedimiento de revisiones y visitas de seguridad.
PR-PO-16	Procedimiento de adquisición de equipos de trabajo y productos químicos.
PR-PO-17	Procedimiento de permisos para trabajos especiales.
PR-PO-18	Procedimiento de presencia de recursos preventivos.
PR-PO-19	Procedimiento de autorización para el uso de máquinas y equipos

5.15.4. Condiciones de trabajo

Para un trabajo bien realizado, se necesita unas buenas condiciones de trabajo, para que el trabajador pueda realizar dicha faena de la forma más cómoda y



eficiente posible. Por ese motivo se debe realizar un acondicionamiento de las zonas de trabajo detallados.

En primer lugar, nombrar que los lugares de trabajo, en particular las puertas, vías de circulación, escaleras y servicios higiénicos, utilizados u ocupados por trabajadores con alguna minusvalía, deberán estar condicionados para su utilización y trabajo de forma eficiente y cómoda.

En segundo lugar, la exposición a las condiciones ambientales en el lugar de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores. Además, las condiciones de trabajo no deben ser fuentes de incomodidad o molestia, todo lo contrario, deben constituir una fuente de motivación y eficiencia. Por ese motivo, los lugares de trabajo deben cumplir algunas condiciones:

- La temperatura de los lugares de trabajo sedentarios, como oficinas, deberá estar entre 17 y 25°C. La temperatura en los lugares de trabajo no sedentarios, la temperatura deberá estar entre 14 y 25°C.
- La humedad relativa deberá estar entre unos rangos de 30 y 70%, excepto en los lugares donde haya riesgo de electricidad estática, donde el límite inferior será de 50%.
- Los trabajadores no deben estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire que excedan los siguientes límites:
 - Trabajos en ambientes no calurosos: 0.25 m/s
 - Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0.5 m/s
 - Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0.75 m/s

Estos límites no aplicables en corrientes de aire utilizadas en exposiciones intensas de calor ni en corrientes de aire acondicionado, esos límites serán 0.25 m/s en trabajos sedentarios y 0.35 m/s en otros casos.



- La renovación de aire será mínima de 30 m³ de aire limpio por trabajador y hora.
- La posición de trabajo debe ser la correcta, con la espalda recta para no producir problemas de espalda a largo periodo.

5.15.4.1. Ruido y vibraciones

La eliminación o la disminución de ruidos es un factor a tener en cuenta en el diseño de la planta. Este fenómeno puede provocar una disminución de la eficiencia de los trabajadores, además de que se considera un riesgo para la salud del trabajador. Por lo tanto, dependiendo del tipo de ruido, se actuará de una forma u otra.

- Reducción del nivel sonoro en el foco de origen: Consiguiendo equipos que generen los mínimos ruidos posibles y diseñarlos ya con esta característica. Esto se consigue en función de los materiales, mecanismos, circuitos, etc.
- Reducción de nivel sonoro ambiental: Debido a que la planta de INDOXETH5 es muy grande y se llevan a cabo muchos procesos al mismo tiempo, se puede formar un ruido ambiental que será difícil de minimizar directamente, ya que proviene de la suma del ruido de todos los equipos. En estos casos se aplicarán medidas pasivas, recubriendo las paredes con materiales que sean absorbentes, haciendo una distribución de los equipos que sean ruidosos en la planta, de manera que el ruido no sea agresivo para el trabajador; o hasta con los equipos de protección individual necesarios.

5.15.4.2. Iluminación y color

Según el REAL DECRETO 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE nº 97 23/04/1997, se establecen los niveles de iluminación y color en función de las actividades que se desarrollan en el sector de trabajo. En dicho real decreto la



unidad usada para medir la cantidad de luz es el *lux*, una unidad derivada del SI para iluminancia que equivale a lumen/m².

En la (Tabla 5.13.1) se puede observar los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo. El nivel de iluminación de una zona en la que se ejecute una tarea se medirá a la altura donde ésta se realice; en el caso de zonas de uso general, será a 85 cm del suelo y en el de las vías de circulación a nivel del suelo. Dichos niveles se pueden ver en la tabla nombrada anteriormente (Tabla 5.13.1).

Una iluminación buena es esencial para mantener la comodidad y la visión idónea, y así asegurar una gran eficiencia en el trabajo. Además, se reducen los accidentes y errores en la manipulación, y también, los posibles efectos en la salud y la visibilidad.

La mayor solución, la más económica y la que según los expertos es la mejor, es utilizar luz solar siempre que sea posible. Por ese motivo, la planta constará de grandes ventanales en el edificio de oficinas para proporcionar esta luz natural, y en la zona de proceso se intentará también aportar esta luz natural siempre que sea posible. Solamente se utilizará luz artificial en aquellos lugares donde la luz natural no llegue o sea insuficiente, además de obviamente, durante la noche.

También se debe tener en cuenta la época en la que nos encontramos y el gran uso de las nuevas tecnologías en los lugares de trabajo. Por este motivo será muy recomendable seguir las recomendaciones sanitarias delante de un ordenador, y siempre que sea posible, la gente que lleve gafas, usar los nuevos vidrios con protección de la luz de las pantallas.

El color también es un aspecto a tener en cuenta ya que éste refleja la luz y como consecuencia la absorbe o no. Por lo tanto, se intentará utilizar en la planta siempre colores claros en paredes y muebles, y un color oscuro en el techo.



5.15.5. Formación de los trabajadores

Para un trabajo eficiente y bien hecho, no solamente depende de las condiciones de trabajo, sino que también depende de la formación de los trabajadores y su experiencia. Además, los trabajadores deberán estar agrupados, y con representantes, e informados de todos los cambios e información sobre prevención de riesgos y protección sobre ellos. Estos grupos se forman ya que de esta manera podrán consultar y participar en la prevención de riesgos laborales.

En INDOXETH5 se realizarán formaciones anuales, para recordar todos los riesgos y métodos de prevención. Además, si se añaden nuevas formas de trabajar, se deberán informar y formar a los trabajadores.

Estas formaciones, según la Ley de Prevención de Riesgos Laborales deben ser teóricas, prácticas, adecuada y suficiente.

En el momento de la contratación de un nuevo trabajador, en INDOXETH5 se repartirá un dossier de bienvenida. En ese dossier estará explicado información esencial sobre la empresa, los principales riesgos de su nuevo lugar de trabajo y el plan de emergencia. De esta manera, al momento de empezar a trabajar, dispondrán de toda la información necesaria.

Las formaciones anuales que se harán en INDOXETH5, según la ley nombrada anteriormente, deben ser específicas del puesto de trabajo, debe disponer de todas las actualizaciones que se han llevado a cabo y deberá impartirse dentro la jornada laboral o, si es en otras horas, se descontará del horario el tiempo invertido en dicha formación. Además de que, por supuesto, el coste de dicha formación nunca recaerá sobre los trabajadores.

5.15.6. Salud de los trabajadores

En INDOXETH5 una de las principales prioridades es la salud de sus trabajadores. Por ese motivo se contratará un seguro médico con todos los beneficios posibles. Uno de esos beneficios será una revisión médica completa anual. Además, si el



lugar de trabajo necesita de una capacidad física concreta, los trabajadores podrán optar a una prejubilación, como los operarios de planta.

Para mantener la salud es primordial algunas formas o características de trabajo ya comentadas como una correcta posición, una correcta iluminación, una correcta ventilación y un correcto uso de los equipos de protección individual.

5.15.7. Actuación en caso de emergencia sanitaria

Debido a que la crisis sanitaria que se está viviendo, y a que todas las empresas deberán adaptar sus formas de trabajar, en INDOXETH5 nos hemos avanzado y se preparará un plan de actuación en caso de emergencia sanitaria. Este plan constará de todas las medidas apropiadas para tener en cuenta en caso de una nueva pandemia mundial, y solo se aplicarán en ese caso.

- Todos los trabajadores del área de oficinas, excepto laboratorio, dispondrán de ordenadores portátiles en vez de ordenadores de sobremesa. De esta manera, podrán realizar teletrabajo en cualquier momento.
- Los operarios de planta ya sean de producción, mantenimiento o limpieza, tendrán espacio suficiente en sus lugares de trabajo para mantener la distancia de seguridad en el caso que sea necesario.
- Se establecerán unos turnos de llegada, limpieza, pausas o estadas en zonas comunes para que no haya acumulación de gente y todo este desinfectado y limpio.
- Se cerrarán los suministros de agua a las duchas para que nadie las use durante este periodo, ya que es un posible foco de contagio. Además, los operarios de un mismo turno no tendrán las taquillas en el vestuario contiguas, sino que separadas por taquillas de otros compañeros en medio, para que se puedan cambiar manteniendo la distancia de seguridad.



- Se asegurarán todas las demás demandas que exija el estado o se crean convenientes en cada caso.
- Uso de los nuevos EPI's necesarios y que se exija por parte del estado.

5.16. Equipos de protección individual (EPI)

Según el Artículo 2 del Real Decreto 773/1997, los equipos de protección individual ⁽¹⁹⁾ o EPI's son cualquier equipo, complemento o accesorio que lleva consigo el trabajador con el fin de protegerlo de uno o varios riesgos que puedan comprometer su seguridad o su salud en el trabajo.

Teniendo en cuenta lo que se acaba de mencionar, es preciso e indispensable que el empresario determine los puestos de trabajo en los que deba recurrirse a las EPI's según el Artículo 4, que dice lo siguiente: *“Los equipos de protección individual deberán utilizarse cuando existan riesgos para la seguridad o salud de los trabajadores...”*. También ha de proporcionarlos gratuitamente y reponerlos cuando resulte necesario.

Además, debe escoger los equipos de protección individual conforme las condiciones explicadas en el ([Apartado 5.16.1](#)) de este volumen y siguiendo las actuaciones para una buena elección de los EPI's explicados en el ([Apartado 5.16.2](#)) que se verá más adelante.

5.16.1. Condiciones que deben de reunir los EPI's

Los equipos de protección individual deben de proporcionar una protección eficaz frente a los riesgos que motivan su uso. Por lo que deberán:

- Responder a las condiciones que existen en el lugar de trabajo.
- Tener en cuenta las condiciones anatómicas y fisiológicas, y el estado de salud del trabajador.



Otro punto que considerar es la indispensabilidad de la compatibilidad del uso entre distintos EPI's, ya que el trabajador se puede ver expuesto a un riesgo múltiple y puede necesitar el uso de más de un equipo de protección individual.

5.16.2. Elección de los EPI's

Para poder elegir correctamente estos equipos, el empresario deberá de:

- Evaluar y analizar los riesgos existentes.
- Definir las características (para poder hacer una buena comparación en el mercado) de los EPI's con el fin de garantizar su función teniendo en cuenta los riesgos a los que el trabajador se puede ver sometido, y también ha de valorar el riesgo o peligro que puedan constituir el uso de los EPI's.

Los equipos de protección individual son elegidos según el riesgo que existe en un determinado momento, por lo cual es indispensable que se revisen en función de las modificaciones que se puedan producir con el transcurso del tiempo, dado que pueden cambiar las circunstancias que llevaron a elegir este EPI.

5.16.3. Mantenimiento de los EPI's

Todo tipo de mantenimiento, limpieza o desinfección efectuada sobre el equipo de protección individual ha de realizarse según marque el fabricante de dicho equipo. Es muy importante tener presente que estos equipos están diseñados expresamente para su uso personal, pero, si existiesen circunstancias en las que se deba usar un equipo para varias personas, se tendrán que usar las medidas necesarias para que no se corran riesgos de salud o higiene a los diferentes usuarios.

5.16.4. Obligaciones del trabajador

El trabajador está obligado en todo momento a utilizar y cuidar de manera correcta los equipos de protección individual, e informar a su superior directo de

los defectos, daños o anomalías que puedan presentar los EPI's utilizados que a su juicio pueda haber perdido la eficacia de protección.

5.16.5. Tipos de EPI's

El trabajador debe estar y sentirse seguro en todo momento, por lo cual existen diferentes tipos de EPI's destinadas a una parte del cuerpo diferente como se puede observar en la siguiente figura:



Figura 5.16.1. EPI's existentes

5.16.5.1. Protección ocular y facial

Todos estos protectores destinados a la protección de ojos y cara deben de cumplir con las normas nacionales o europeas, teniendo que pasar rigurosas pruebas para cumplir con los requisitos de esta última (la norma europea EN166). Existen diferentes tipos, entre ellos tenemos:

- Gafas de seguridad con cristales de vidrio o acetato reforzados.
- Gafas de montura integral con cristales de acetato o policarbonato.
- Pantallas faciales que se ajustan al casco de seguridad estándar.



5.16.5.2. Protección de las vías respiratorias

Esta protección es necesaria cuando se manipulen sustancias que puedan afectar a la respiración de los trabajadores. Para que los trabajadores puedan protegerse adecuadamente, existen mascarillas parciales o totales, con filtros universales, protegiendo así de vapores y gases orgánicos/inorgánicos y ácidos. Estos serán uno de los EPI's más importantes en INDOXETH5, ya que se trabaja directamente con gases.

5.16.5.3. Protección para los oídos

La protección para los oídos es importante cuando se superan los 55 decibeles, ya que, a partir de aquí, se considera dañino para la salud auditiva del trabajador. Es imprescindible protegerlos de la mejor manera posible, ya que es un órgano demasiado sensible.

Los tipos de protección que se suelen usar son: aparatos de intercomunicación, protección dentro de los cascos, orejeras y tapones.

5.16.5.4. Protección para la cabeza

Es indispensable y de vital importancia usar este tipo de protección en caso de que se requiera, ya que están destinados a evitar impactos sobre el cráneo. La protección más común son los cascos de seguridad o gorras, fabricadas según la función que vaya a desempeñar el trabajador y a las situaciones de riesgo a las que se vaya a exponer.

5.16.5.5. Protección abdomen y tronco

Los elementos más comunes para proteger estas zonas del cuerpo son los cinturones, chaquetas o armillas con el fin de proteger al cuerpo de posibles cortes, perforaciones o peligros químicos que pongan en riesgo la salud del trabajador.



5.16.5.6. Protección para las extremidades

En el caso de los pies, se han de utilizar zapatos o botas de trabajo hechos de un material resistente y adecuado que evite que el trabajador se pueda hacer daño por derrame de sustancias químicas o por algún golpe en esta zona.

Para las piernas, es importante utilizar pantalones de un material adecuado, en el caso de INDOXETH5, ha de cumplir la normativa ATEX, por lo que esta ropa ha de ser antiestática e ignífuga ya que se trabajará en una atmósfera explosiva.

Las manos y los brazos son la principal herramienta de trabajo de un trabajador, por lo cual, han de estar protegidas en todo momento, por este motivo, siempre deberán de llevar guantes hechos de neopreno, con soporte de algodón, ya que se trabajará con óxido de etileno y a altas temperaturas.

5.17. Evaluación de riesgos

5.17.1. Introducción

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales, Ley 31/1995, establece en su artículo 15, “Principios de la acción preventiva”, que el empresario aplicará las medidas que integran el deber general de prevención previsto en el artículo 14 “Derecho de protección frente a los riesgos laborales”, de la citada ley, con arreglo a una lista de principios generales, entre los que figuran en primer lugar, la eliminación de los riesgos, y en segundo, la evaluación de aquellos riesgos que no se puedan evitar.

Así mismo, el Real Decreto 39/1997, Reglamento de los Servicios de Prevención, en su artículo 3, define la evaluación de los riesgos laborales, como el proceso dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos que no hayan podido evitarse, y con el que se obtiene la información necesaria para que el empresario esté en condiciones de tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas, y en tal caso, sobre el tipo de medidas que deban adoptarse.



Por ese motivo, en este apartado se ha llevado a cabo dicha evaluación de los riesgos laborales ⁽²⁰⁾, tanto de los sitios de trabajo como de los equipos e instalaciones de la planta de INDOXETH5.

El método de valoración utilizado en una evaluación de los riesgos debe ser capaz de unificar y jerarquizar los distintos riesgos que pueden identificarse en un puesto de trabajo, con el fin de facilitar la posterior programación de las actividades preventivas. En este sentido, existen diferentes métodos de análisis de riesgos. En este apartado se usará el método FINE para el análisis de los riesgos en los lugares de trabajo y el método HAZOP para el análisis de los riesgos en los equipos e instalaciones.

El motivo de que se usen dos métodos distintos es porque se cree que el método FINE es mejor que el HAZOP, al ser un método cuantitativo y cualitativo, puede verse reflejada la evaluación de riesgos de forma mucho más visual, juntando todo en una tabla con valores y colores representativos. En cambio, aunque suele ser más normal realizar un HAZOP en el análisis de riesgos, siendo este un método cualitativo, se ha encontrado más útil y correcto usar el método FINE.

No obstante, la Unión Europea, a partir del accidente de Seveso, aprobó la Directiva 96/82 CE del Consejo, del 9 de diciembre, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en que intervengan sustancias peligrosas. Como a consecuencia de esto, se trasladó al orden jurídico español, el Real Decreto 1254/99, por el cual se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves donde intervengan sustancias peligrosas y se derogaron los Reales Decretos 886/88 y 952/90.

En dicho Real Decreto, se establece que, a partir de ese momento, se deberá usar el método HAZOP para sustancias peligrosas con un volumen de producción determinado. Por lo tanto, en el caso de INDOXETH5, como se produce óxido de etileno y se supera la producción que establece el Real Decreto, se deberá usar obligatoriamente el método HAZOP en el análisis de riesgos de los equipos e instalaciones.



5.17.2. Método FINE

La aplicación del método de evaluación matemática propuesto por Willian T. Fine, permite unificar y objetivar el criterio a seguir para llevar a cabo una planificación ordenada de las actividades preventivas.

En este sentido, el método FINE, se muestra especialmente útil, ya que por lo general ordena los riesgos independientemente de cuál sea su naturaleza, mediante la utilización de un modelo matemático que permite valorar de manera conjunta la probabilidad de que se produzca un daño y la severidad del mismo.

El citado método plantea el análisis de cada riesgo mediante tres factores determinantes de su peligrosidad: consecuencias, exposición al riesgo y probabilidad. A continuación, se definen estos factores:

- Consecuencias (C): es el resultado esperado en caso de que el accidente llegue a producirse.
- Exposición al riesgo (E): tiempo que el trabajador se encuentra expuesto al riesgo.
- Probabilidad (P): estimación de que se produzca el accidente cuando se está expuesto al riesgo

El método de cálculo de la relativa peligrosidad de cada riesgo, a la que se denomina: Magnitud del riesgo (R), consiste en asignar un valor numérico a cada uno de los factores, mediante el uso de unas tablas de ponderación, calculándose la magnitud del riesgo como el producto de los tres factores:

$$R = C * E * P$$

Ecuación 5.17.1

El valor obtenido se compara con la tabla de clasificación de la magnitud del riesgo para obtener el resultado de la evaluación.

Tabla 5.17.1. Clasificación del grado de severidad de las consecuencias.

	Consecuencias	Valor
Catastrófica	Numerosas muertes	100
Desastrosa	Varias muertes	40
Muy seria	Muerte	15
Seria	Lesiones permanentes	7
Importante	Lesiones con baja	3
Leve	Lesiones sin baja	1

Tabla 5.17.2. Clasificación de la frecuencia de la exposición a la situación de riesgo

	Exposición al riesgo	Valor
Continua	Muchas veces al día	10
Frecuente	Se presenta aproximadamente una vez al día	6
Ocasional	Semanalmente	3
Poco usual	Mensualmente	2
Rara	Unas pocas veces al año	1
Muy rara	Anualmente	0.5
Inexistente	No se presenta nunca	0

Tabla 5.17.3. Escala de probabilidad de que se produzca el accidente durante la exposición al riesgo.

	Probabilidad	Valor
Casi segura	Es el resultado más probable si se presenta la situación de riesgo	10
Muy posible	Es completamente posible: probabilidad mayor al 50%	6
Posible	Sería una secuencia o consecuencia rara pero posible, ha ocurrido	3
Poco posible	Sería una secuencia muy rara, pero se sabe que ha ocurrido	1
Remota	Extremadamente rara, no ha sucedido hasta el momento	0.5
Muy remota	Secuencia prácticamente imposible	0.2
Casi imposible	Virtualmente imposible	0.1

Tabla 5.17.4. Clasificación de los riesgos por orden de magnitud.

	Magnitud del riesgo	Valor
	Riesgo muy alto: detención inmediata de la actividad	≥ 400
	Riesgo alto: corrección inmediata de la situación de riesgo	$200 \leq x < 400$
	Riesgo notable: corrección necesaria y urgente	$70 \leq x < 200$
	Riesgo posible: deben utilizarse medidas para controlar el riesgo	$20 \leq x < 70$
	Riesgo aceptable: puede omitirse la corrección	< 20

Ahora que ya se conoce el método FINE, se aplicará en los lugares de trabajo de la planta de INDOXETH5. Posteriormente a aplicar este método, se hará una planificación de la actividad preventiva priorizando las acciones en función de la peligrosidad.



5.17.3. Evaluación lugares de trabajo

Aunque en INDOXETH5 hay muchos tipos de trabajo diferentes, se separarán en 4 grandes grupos, operarios, seguridad, oficinas y laboratorios.

- Operarios entran todo operario de producción, el personal de limpieza, el personal de mantenimiento, ingenieros que trabajen en planta y cualquier persona externa que entre a planta a cargar o descargar mercancías.
- Seguridad se refiere al personal de portería, que se encarga de la seguridad privada de la planta.
- Oficinas son todos esos trabajadores de INDOXETH5 que no salgan de oficinas en su horario de trabajo.
- Laboratorio son esos trabajadores que su jornada laboral consiste en estar en el laboratorio, ya sea trabajando para I+D o control de calidad.

Una vez descritos los 4 puestos de trabajo que se van a analizar, se prosigue a analizarlos uno a uno. Primeramente, se analizará de forma descriptiva y finalmente se podrá encontrar en la ([Tabla 5.17.5](#)) un resumen de todo el análisis siguiendo el método FINE.

5.17.3.1. Operarios

Riesgo 1

- Riesgo: Atropello.
- Factor de riesgo: todo personal que se mueve por planta puede ser atropellado por una carretilla elevadora o camión.
- Evaluación: C=15 E=6 P=0.2

Riesgo 2

- Riesgo: Golpes con objetos.



- Factor de riesgo: todo personal está expuesto a accidentes “in itinere” por desplazamiento a su lugar de trabajo. Además del riesgo de golpes con objetos de planta.
- Evaluación: C=3 E=6 P=1

Riesgo 3

- Riesgo: Caídas a diferente nivel.
- Factor de riesgo: todo personal está expuesto a caídas a diferente nivel al transitar por escaleras al ir demasiado rápido o despistados.
- Evaluación: C=7 E=6 P=1

Riesgo 4

- Riesgo: Exposición a agentes químicos.
- Factor de riesgo: todo operario de planta, al moverse por ella, puede exponerse a agentes químicos en caso de fuga o no trabajar con la protección adecuada.
- Evaluación: C=15 E=10 P=0.1

Riesgo 5

- Riesgo: Incendio.
- Factor de riesgo: todo operario de planta puede estar expuesto a un incendio en caso de que suceda.
- Evaluación: C=15 E=10 P=0.2

Riesgo 6

- Riesgo: Caídas de objetos.
- Factor de riesgo: todo personal que se mueve por planta se le puede caer un objeto encima.
- Evaluación: C=3 E=6 P=1

Riesgo 7

- Riesgo: Contactos eléctricos.



- Factor de riesgo: todo personal de mantenimiento, al estar en contacto con circuitos eléctricos puede sufrir un contacto.
- Evaluación: C=3 E=3 P=1

Riesgo 8

- Riesgo: Sobreesfuerzos.
- Factor de riesgo: todo personal que manipule cargas manualmente puede sufrir daños debidos al sobreesfuerzo.
- Evaluación: C=1 E=3 P=1

Riesgo 9

- Riesgo: Cortes, contactos térmicos y otras heridas.
- Factor de riesgo: todo personal de planta, al realizar trabajos de forma manual son propensos a hacerse daño, especialmente el personal de mantenimiento.
- Evaluación: C=1 E=6 P=0.5

Riesgo 10

- Riesgo: Atrapamiento con máquinas.
- Factor de riesgo: debido al trabajo en planta, con máquinas e instalaciones.
- Evaluación: C=7 E=2 P=0.2

Riesgo 11

- Riesgo: Exposición a altos ruidos.
- Factor de riesgo: todo personal de planta está expuesto a altos ruidos debido a las máquinas de la zona de producción, si fallan los mecanismos de prevención y no utilizan los equipos de protección adecuados.
- Evaluación: C=1 E=2 P=0.5



5.17.3.2. Seguridad

Riesgo 1

- Riesgo: Atropello.
- Factor de riesgo: todo personal que se mueve por planta puede ser atropellado por una carretilla elevadora o camión.
- Evaluación: C=15 E=6 P=0.2

Riesgo 2

- Riesgo: Golpes con objetos.
- Factor de riesgo: todo personal está expuesto a accidentes “in itinere” por desplazamiento a su lugar de trabajo. Además del riesgo de golpes con objetos de planta.
- Evaluación: C=3 E=6 P=1

Riesgo 3

- Riesgo: Caídas a diferente nivel.
- Factor de riesgo: todo personal está expuesto a caídas a diferente nivel al transitar por escaleras al ir demasiado rápido o despistados.
- Evaluación: C=7 E=6 P=0.5

Riesgo 4

- Riesgo: Caídas de objetos.
- Factor de riesgo: todo personal que se mueve por planta se le puede caer un objeto encima.
- Evaluación: C=3 E=6 P=1

Riesgo 5

- Riesgo: Fatiga postural.
- Factor de riesgo: debido a la incorrecta posición del cuerpo durante su período de trabajo.
- Evaluación: C=1 E=6 P=3



5.17.3.3. Oficinas

Riesgo 1

- Riesgo: Atropello.
- Factor de riesgo: todo personal que se mueve por planta puede ser atropellado por una carretilla elevadora o camión.
- Evaluación: C=15 E=3 P=0.2

Riesgo 2

- Riesgo: Golpes con objetos.
- Factor de riesgo: todo personal está expuesto a accidentes “in itinere” por desplazamiento a su lugar de trabajo. Además del riesgo de golpes con objetos de planta.
- Evaluación: C=3 E=6 P=1

Riesgo 3

- Riesgo: Caídas a diferente nivel.
- Factor de riesgo: todo personal está expuesto a caídas a diferente nivel al transitar por escaleras al ir demasiado rápido o despistados.
- Evaluación: C=7 E=6 P=0.5

Riesgo 4

- Riesgo: Caídas de objetos.
- Factor de riesgo: todo personal que se mueve por planta se le puede caer un objeto encima.
- Evaluación: C=3 E=6 P=1

Riesgo 5

- Riesgo: Fatiga postural.
- Factor de riesgo: debido a la incorrecta posición del cuerpo durante su período de trabajo.
- Evaluación: C=1 E=6 P=3



5.17.3.4. Laboratorio

Riesgo 1

- Riesgo: Atropello.
- Factor de riesgo: todo personal que se mueve por planta puede ser atropellado por una carretilla elevadora o camión.
- Evaluación: C=15 E=6 P=0.2

Riesgo 2

- Riesgo: Golpes con objetos.
- Factor de riesgo: todo personal está expuesto a accidentes “in itinere” por desplazamiento a su lugar de trabajo. Además del riesgo de golpes con objetos de planta.
- Evaluación: C=3 E=6 P=1

Riesgo 3

- Riesgo: Caídas a diferente nivel.
- Factor de riesgo: todo personal está expuesto a caídas a diferente nivel al transitar por escaleras al ir demasiado rápido o despistados.
- Evaluación: C=7 E=6 P=0.5

Riesgo 4

- Riesgo: Exposición a agentes químicos.
- Factor de riesgo: al trabajar con compuestos químicos en el laboratorio, puede exponerse a agentes químicos en caso de fuga o no trabajar con la protección adecuada.
- Evaluación: C=15 E=10 P=0.1

Riesgo 5

- Riesgo: Incendio.
- Factor de riesgo: al trabajar con compuestos químicos inflamables, puede estar expuesto a un incendio en caso de que suceda.
- Evaluación: C=7 E=10 P=0.2



Riesgo 6

- Riesgo: Caídas de objetos.
- Factor de riesgo: todo personal que se mueve por planta se le puede caer un objeto encima.
- Evaluación: C=3 E=6 P=1

Riesgo 7

- Riesgo: Contactos eléctricos.
- Factor de riesgo: el personal de laboratorio utiliza aparatos eléctrico portátiles durante la realización de su trabajo.
- Evaluación: C=3 E=3 P=1

Riesgo 8

- Riesgo: Cortes, contactos térmicos y otras heridas.
- Factor de riesgo: el personal de laboratorio, al realizar trabajos de forma manual son propensos a hacerse daño.
- Evaluación: C=1 E=6 P=0.5

Riesgo 9

- Riesgo: Fatiga postural.
- Factor de riesgo: debido a la incorrecta posición del cuerpo durante su período de trabajo.
- Evaluación: C=1 E=6 P=3

Riesgo 10

- Riesgo: Atrapamiento con máquinas.
- Factor de riesgo: debido al trabajo en laboratorio, con máquinas e instalaciones.
- Evaluación: C=7 E=2 P=0.2



5.17.3.5. Tabla FINE

Tabla 5.17.5. Evaluación de riesgos según la posición de trabajo.

	Operarios	Seguridad	Oficinas	Laboratorio
Riesgo 1	18	18	9	18
Riesgo 2	18	18	18	18
Riesgo 3	21	21	21	21
Riesgo 4	30	18	18	15
Riesgo 5	30	3	3	14
Riesgo 6	18			18
Riesgo 7	9			9
Riesgo 8	3			3
Riesgo 9	3			3
Riesgo 10	2.8			2.8
Riesgo 11	1			

En la (Tabla 5.17.5) se puede observar cómo prácticamente todos los riesgos son aceptables y se puede omitir la acción de corrección. Por otro lado, el riesgo 3 de todas las posiciones de trabajo, es un riesgo posible y, por lo tanto, se deben utilizar medidas para controlar el riesgo. Además, los riesgos 4 y 5 de los operarios también son riesgos posibles y también se deberán utilizar medidas para controlar el riesgo.

5.17.4. Método HAZOP

El HAZOP o AFO (Análisis Funcional de Operatividad) lo desarrollaron los ingenieros de la *Imperial Chemical Industries* de Inglaterra en la década de los sesenta. Es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los accidentes se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto de los parámetros normales de operación. La característica principal del método es que es realizado de manera cualitativa a partir de unas preguntas o palabras guía.



Para llevar a cabo el análisis, se deben seguir las siguientes etapas:

- Definición del área de estudio: Esta etapa consiste en delimitar las áreas en las que se aplicará dicha técnica. En una determinada instalación o proceso, que se ha considerado objeto de estudio, se definirán las llamadas *líneas de proceso* o *subsistemas*. En la planta de INDOXETH5, las áreas donde se aplicará el HAZOP serán A-100, A-200, A-300, A-400, A-500 y A-600. No se aplicará a las áreas A-700, A-800, A-900, A-1000, A-1100 y A-1200 ya que no son áreas de proceso y por lo tanto no hace falta aplicar el HAZOP. Además, estas áreas donde no se aplica el HAZOP, se ha aplicado el método FINE respectivo a los lugares de trabajo, que justamente corresponden a esas áreas.
- Definición de los nudos: En esta etapa, se determinará una serie de nudos o puntos localizados del sistema, los cuales están presentes en estos subsistemas o líneas de proceso. Cada nudo deberá ser identificado y numerado sucesivamente dentro de cada subsistema y en el sentido del proceso para una mejor comprensión y comodidad. El método HAZOP se aplicará a cada uno de estos puntos. Cada nudo irá caracterizado por sus variables de proceso.
- Aplicación de palabras guía: Se utilizan para indicar el concepto de lo que puede pasar en alguno de los nudos. Se puede aplicar tanto acciones, como parámetros específicos. En la tabla que se encuentra a continuación se pueden observar las diferentes palabras guía y su significado.

Tabla 5.17.6. Palabras guía HAZOP.

Palabra guía	Significado	Ejemplo de desviación	Ejemplo de causas originadoras
NO	Ausencia de la variable a la cual se aplica	No hay flujo en una línea	Bloqueo; fallo de bombeo; válvula cerrada o atascada; válvula abierta; fallo de control.
MÁS	Aumento cuantitativo de una variable	Más flujo (más caudal, más temperatura)	Presión de descarga reducida; succión presurizada; fuga; lectura errónea de instrumentos; fuegos exteriores; explosión del reactor; reacción descontrolada



Palabra guía	Significado	Ejemplo de desviación	Ejemplo de causas originadoras
MENOS	Disminución cuantitativa de una variable	Menos flujo (menos caudal, menos temperatura)	Fallo de bombeo; fuga; bloqueo parcial; sedimentos en línea; bloqueo de válvulas; pérdidas de calor; vaporización; fallo de sellado.
INVERSO	Analiza la inversión en el sentido de la variable. Se obtiene el efecto contrario al que se pretende	Flujo inverso	Fallo de bomba; sifón hacia atrás; inversión de bombeo; válvula antirretorno que falla o está insertada en la tubería de forma incorrecta
A DEMÁS DE	Aumento cualitativo. Se obtiene algo más que las intenciones de diseño	Impurezas o una fase extraordinaria	Entrada de contaminantes del exterior como aire, agua o aceites; producto de corrosión; fallo de aislamiento; presencia de materiales por fugas anteriores; fallos de la puesta en marcha
PARTE DE	Disminución cualitativa. Se obtiene solamente una parte de las intenciones de diseño	Disminución de la composición en una mezcla	Concentración demasiado baja de la mezcla, reacciones adicionales; cambio de alimentación
DIFERENTE DE	Actividades distintas respecto la operación normal	Cualquier actividad	Puesta en marcha y parada; pruebas e inspecciones; muestreo; mantenimiento; eliminación de tapones; corrosión; fallo de energía; emisiones indeseadas, etc.

- Definición de las desviaciones a estudiar: En esta etapa se planteará para cada nudo, de forma sistemática, todas las desviaciones que implican la aplicación de cada palabra guía a una determinada variable o actividad. Para realizar un análisis absoluto, se deben aplicar todas las combinaciones posibles entre la palabra guía y la variable del proceso. A la vez, se debe indicar las causas de estas desviaciones y posteriormente las consecuencias de estas.
- Sesiones HAZOP: Las sesiones HAZOP tienen como objetivo la realización sistemática del proceso descrito anteriormente, y analizar en todas las líneas o nudos seleccionados a partir de las palabras guía aplicadas a determinadas variables o procesos. Se determinan las posibles causas, consecuencias, respuestas que se proponen y acciones a tomar.

5.17.5. Evaluación de equipos e instalaciones

Una vez explicado cómo realizarse un HAZOP, se determinará el informe final del análisis que se ha realizado en la planta de INDOXETH5.



		Análisis de riesgos: HAZOP		PLANTA DE PRODUCCIÓN ÓXIDO DE ETILENO
		ÁREA 100 – Mezcla y entrada de materias primas		EQUIPO: Mixer, Intercambiadores y Compresores ÍTEM: M101, M102a/b, H101a/b, H102a/b, H103a/b, H104a/b, H105a/b, H106a/b, H107a/b, K101a/b, K102a/b, K103a/b, K104a/b
Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Caudal de entrada	1.Falla la válvula de entrada a la planta 2.Cierre de la válvula de entrada debido a un mal control 3.No llegada de materia prima	-No hay mezcla de reactivos -No se puede iniciar el proceso porque no hay materias primas	-Disponer de sensor de caudal y concentración -Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no llegada de materia prima -Mantenimiento de válvulas y tuberías (1) (2) -Tener stock de válvulas (1) (2)
NO	Aire comprimido	1.Fallada del compresor de aire	-No funcionamiento de válvulas	-Disponer de un indicador de presión en la salida del compresor de aire -Mantenimiento y revisión periódica del compresor de aire y del funcionamiento del sistema de aire comprimido



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Estanqueidad	<p>1.El material la maquinaria no se encuentra en buenas condiciones debido a la posible corrosión por parte de las sustancias que contiene o condiciones ambientales</p> <p>2.Mala conexión de equipos, tuberías y accesorios</p>	<p>-Aparición de fugas</p> <p>-Posibilidad de parada del proceso</p> <p>-Posibilidad de formación de nube tóxica o atmosfera explosiva</p>	<p>-Establecer una ventilación general para reducir el nivel del agente químico en el aire. Se trata de una ventilación por dilución.</p> <p>-Revisión periódica de los equipos</p>
NO	<p>Caudal de vapor</p> <p>(Aplica a H101a/b, H102a/b, H103a/b, H104a/b, H105a/b, H106a/b, H107a/b)</p>	<p>1.Fallada de la válvula que regula la entrada de vapor</p> <p>2.Deterioro del entramado de tuberías que transportan el vapor, debido a la corrosión producida por el mismo</p>	<p>- Disminución de la temperatura de la corriente de reactivos, por lo tanto, se obtienen condiciones de reacción no óptimas.</p>	<p>-Disponer de un sensor y control de temperatura en la entrada al reactor (1)</p> <p>-Mantenimiento de válvulas reguladoras de caudal de vapor (1)</p> <p>-El material de la tubería tiene un revestimiento de teflón como protector para evitar o disminuir la corrosión (2)</p> <p>-Mantenimiento y revisión de las tuberías (2)</p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Inertización	1.Falla válvula que regula caudal de nitrógeno 2.Falta de nitrógeno por parte del proveedor 3.Problema en la línea de nitrógeno, no llega a destino	-No inertización de los equipos, posible riesgo de atmosfera explosiva en caso de accidente	-Mantenimiento y revisión de tuberías y válvulas (1) (3) -Elección de más de un proveedor de nitrógeno (2) -Disponer de medidas de seguridad necesarias que eviten fuego o explosión
MÁS	Temperatura	1.Fallo de la lectura del sensor de temperatura de la entrada de reactivos. Lee una temperatura inferior 2.Llegada de materia prima más caliente 3.Incendio o subida de temperatura exterior en A100	-Aumento de temperatura de reactivos -Posibilidad de incendio o explosión debido a las altas temperaturas -Aumento de la presión dentro del sistema	-Revisión periódica del estado de la instrumentación -Disponer de una alarma de altas temperaturas -Disponer de las medidas de seguridad necesarias que eviten el fuego o la explosión



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MÁS	Presión	1.Fallo de la lectura del sensor de presión de la entrada de reactivos. Lee una presión errónea 2.Llegada de materia prima a más presión 3.Cualquiera de los motivos de aumento de temperatura anteriores en A100	-Aumento de presión de reactivos -Posibilidad de incendio o explosión debido a las altas presiones -Aumento de la temperatura dentro del sistema	-Revisión periódica del estado de la instrumentación -Disponer de una alarma de altas presiones -Disponer de las medidas de seguridad necesarias que eviten el fuego o la explosión
MÁS	Volumen entrada materia prima	1.Error en el envío desde proveedor	-Aumento de presión y su consecuente riesgo de explosión -Acumulación de reactivos	-Disponer de un sensor de caudal de entrada de materias primas -Mantenimiento y revisión de instrumentación -Disponer de medidas de seguridad necesarias que eviten fuego o explosión



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MENOS	Temperatura	1.Fallo de la lectura del sensor de temperatura de la entrada de reactivos. Lee una temperatura superior 2.Llegada de materia prima más fría 3.Bajada de temperatura exterior en A100 4. Fallo en llegada de vapor a los intercambiadores	-Disminución de temperatura de reactivos -Disminución de la presión dentro del sistema	-Revisión periódica del estado de la instrumentación -Disponer de una alarma de bajas temperaturas -Revisión periódica del material aislante de las tuberías
MENOS	Presión	1.Fallo de la lectura del sensor de presión de la entrada de reactivos. Lee una presión errónea 2.Llegada de materia prima a menos presión 3.Fallo compresores	-Disminución de presión de reactivos -Disminución de la temperatura dentro del sistema -Posible formación de vacío y consecuente deformación o ruptura de equipos o tuberías	-Revisión periódica del estado de la instrumentación -Disponer de una alarma de bajas presiones - Establecer una ventilación general para reducir el nivel del agente químico en el aire. Se trata de una ventilación por dilución



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MENOS	Volumen entrada materia prima	1. Error en el envío desde proveedor 2. Fallo válvulas de entrada	-No se obtiene las materias primas necesarias para la producción normal en planta -Retraso del proceso y entrega de producto final a cliente	-Disponer de un sensor de caudal de entrada de materias primas -Mantenimiento y revisión de instrumentación -Uso de una sola línea de producción para evitar el paro total de la planta
INVERSO	Caudales	1. Fallo válvula antirretorno 2. Instalación de compresor en sentido contrario	-El fluido circula en sentido contrario al flujo de proceso	-Revisión periódica del estado de las válvulas antirretorno (1) -Revisión de la correcta instalación de los equipos antes de la puesta en marcha (2)
PARTE DE	Materias primas	1. Llegada de materias primas por debajo de la pureza deseada	-Disminución de la producción deseada -Aumento de emisión de gases -Desgaste del catalizador a ritmo más rápido	-Reclamación al proveedor -Disponer de una alarma de concentración - Realizar muestreos con más frecuencia en caso de sospecha



		Análisis de riesgos: HAZOP		PLANTA DE PRODUCCIÓN ÓXIDO DE ETILENO
		ÁREA 200 – Reactores		EQUIPO: Reactores ÍTEM: R201a/b
Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Caudal de entrada	1.Falla la válvula de entrada a reactor 2.Cierre de la válvula de entrada debido a un mal control 3.No llegada de materia prima	-No sucede la reacción -Se debe parar el proceso debido a no llegada de materias primas	-Disponer de sensor de caudal y concentración -Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no llegada de materia prima -Mantenimiento de válvulas y tuberías -Tener stock de válvulas
NO	Aire comprimido	1.Fallada del compresor de aire	-No funcionamiento de válvulas	-Disponer de un indicador de presión en la salida del compresor de aire -Mantenimiento y revisión periódica del compresor de aire y del funcionamiento del sistema de aire comprimido



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Estanqueidad	<p>1.El material de la maquinaria no se encuentra en buenas condiciones debido a la posible corrosión por parte de las sustancias que contiene o condiciones ambientales</p> <p>2.Mala conexión de equipos, tuberías y accesorios</p>	<p>-Aparición de fugas</p> <p>-Posibilidad de parada del proceso</p> <p>-Posibilidad muy alta de formación de nube tóxica o atmosfera explosiva</p>	<p>-Establecer una ventilación general para reducir el nivel del agente químico en el aire. Se trata de una ventilación por dilución.</p> <p>-Revisión periódica de los equipos</p>
NO	Caudal de refrigeración	<p>1.Fallo en equipos de servicio</p> <p>2.Fallada de la válvula que regula la entrada de refrigeración</p> <p>3.Deterioro del entramado de tuberías que transportan la refrigeración, debido a la corrosión producida por la misma</p>	<p>-Aumento de la temperatura del reactor</p> <p>-Posibilidad de RUNAWAY, con explosión o incendio</p>	<p>-Disponer de un sensor y control de temperatura en la entrada de la refrigeración</p> <p>-Mantenimiento de válvulas reguladoras de caudal de refrigeración</p> <p>-Mantenimiento y revisión de las tuberías y equipos</p> <p>-Realizar un paro de emergencia del reactor e inertizar, en el caso que sea necesario</p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Inertización	1.Falla válvula que regula caudal de nitrógeno 2.Falta de nitrógeno por parte del proveedor 3.Problema en la línea de nitrógeno, no llega a destino	-No inertización del reactor cuando sea necesario, posible riesgo de atmosfera explosiva en caso de accidente	-Mantenimiento y revisión de tuberías y válvulas -Elección de más de un proveedor de nitrógeno -Disponer de medidas de seguridad necesarias que eviten fuego o explosión
NO	Caudal salida reactor	1.Cierre válvulas de salida 2.Obstrucción de tubos en el reactor	-El producto queda retenido en el reactor, se retarda el ciclo de producción -Posibilidad de reoxidación del óxido de etileno o del etileno -Aumento de presión en reactor -Posibilidad de RUNAWAY, con explosión o incendio	-Disponer de sensores de caudal en la salida del reactor -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Cierre de entrada de más materias primas - Disponer de válvulas de alivio y discos de ruptura, con su periódica revisión -Realizar un paro de emergencia del reactor e inertizar, en el caso que sea necesario



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Reacción	<p>1. Finalización vida útil catalizador</p> <p>2. No se dan condiciones óptimas para la reacción</p> <p>3. No se cumplen las proporciones estequiométricas de los reactivos</p>	<p>-No formación producto</p> <p>-Aumento recirculación de materias primas</p> <p>-Paralización de la producción y, por lo tanto, pérdida de dinero</p> <p>-Aumento emisiones atmosféricas</p>	<p>-Mantenimiento y sustitución del lecho catalizado</p> <p>-Disponer de medidas de control y sensores de las condiciones de operación</p>
MÁS	Temperatura	<p>1. Fallo de la lectura del sensor de temperatura de la entrada del reactor. Lee una temperatura inferior</p> <p>2. Incendio o subida de temperatura exterior en A200</p>	<p>-Aumento de temperatura de reactivos</p> <p>-Posibilidad de incendio o explosión debido a las altas temperaturas</p> <p>-Aumento de la presión dentro del sistema</p> <p>-Alta posibilidad de RUNAWAY</p>	<p>-Revisión periódica del estado de la instrumentación</p> <p>-Disponer de una alarma de altas temperaturas y disponer de un medidor de temperatura externo realizando medidas periódicas</p> <p>-Disponer de las medidas de seguridad necesarias que eviten el fuego o la explosión</p> <p>-Realizar un paro de emergencia del reactor e inertizar, en el caso que sea necesario</p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MÁS	Presión	<p>1.Fallo de la lectura del sensor de presión de la entrada de reactivos. Lee una presión errónea</p> <p>2.Cualquiera de los motivos de aumento de temperatura anteriores en A200</p>	<p>-Aumento de presión de reactivos</p> <p>-Posibilidad de incendio o explosión debido a las altas presiones</p> <p>-Aumento de la temperatura dentro del sistema</p> <p>-Alta posibilidad de RUNAWAY</p>	<p>-Revisión periódica del estado de la instrumentación</p> <p>-Disponer de una alarma de altas presiones</p> <p>-Disponer de las medidas de seguridad necesarias que eviten el fuego o la explosión</p> <p>-Disponer de válvulas de alivio y discos de ruptura, con su periódica revisión</p> <p>-Realizar un paro de emergencia del reactor e inertizar, en el caso que sea necesario</p>
MÁS	Volumen entrada materia prima	<p>1.Error en el control ratio de proporciones de reactivos</p> <p>2.Error en la recirculación</p>	<p>-Aumento de presión y su consecuente riesgo de explosión</p> <p>-Acumulación de reactivos</p> <p>-Disminución tiempo de residencia</p> <p>-Disminución de la conversión y, por lo tanto, disminución de producción y aumento de productos indeseados</p>	<p>-Disponer de un sensor de caudal de entrada de materias primas</p> <p>-Mantenimiento y revisión de instrumentación</p> <p>-Disponer de medidas de seguridad necesarias que eviten fuego o explosión</p> <p>-Disponer de medidores de concentración de reactivos y recirculación</p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MÁS	Tiempo de operación	1.Cierre válvulas de salida 2.Obstrucción de tubos en el reactor 3.Errores en W301 y, por lo tanto, error en la recirculación	-Retardo en el ciclo productivo -Posibilidad de reoxidación del óxido de etileno o del etileno -Aumento de presión en reactor -Posibilidad de RUNAWAY, con explosión o incendio	-Disponer de sensores de caudal en la salida del reactor -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Cierre de entrada de más materias primas -Disponer de válvulas de alivio y discos de ruptura, con su periódica revisión -Realizar un paro de emergencia del reactor e inertizar, en el caso que sea necesario
MENOS	Temperatura	1.Fallo de la lectura del sensor de temperatura de la entrada en el reactor. Lee una temperatura superior 2.Bajada de temperatura exterior en A200 3.Exceso de caudal de refrigeración	-Disminución de temperatura de operación -Disminución de la presión dentro del sistema -Menor producción de óxido de etileno -Aumento de productos no deseados -Posibilidad de daño al catalizador	-Revisión periódica del estado de la instrumentación -Disponer de controles de temperatura en entrada y salida del reactor y en caudales de refrigeración -Revisión periódica del material aislante de las tuberías -Mantenimiento y revisión de las válvulas



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MENOS	Presión	1.Fallo de la lectura del sensor de presión de la entrada en el reactor. Lee una presión errónea 2.Fallo compresor entrada reactor 3.Mayor pérdida de presión en la recirculación 4.Aumento de pérdida de presión en el reactor, a causa del catalizador u obstrucción de tubos	-Disminución de presión de operación -Disminución de la temperatura dentro del sistema -Posible formación de vacío y consecuente deformación o ruptura de equipos o tuberías -Menor producción de óxido de etileno -Aumento de productos no deseados -Posibilidad de daño al catalizador	-Revisión periódica del estado de la instrumentación -Disponer de controles de temperatura en entrada y salida del reactor -Mantenimiento y revisión de las válvulas y tuberías
MENOS	Volumen entrada materia prima	1.Error en el control ratio de proporciones de reactivos 2.Error en la recirculación 3.Cierre de válvulas entrada reactor	-No se obtiene las materias primas necesarias para la producción normal en planta -Retraso del proceso y entrega de producto final a cliente	-Disponer de un sensor de caudal de entrada en reactor -Mantenimiento y revisión de instrumentación -Uso de una sola línea de producción para evitar el paro total de la planta



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MENOS	Tiempo de operación	1.Error en la compresión, dándole más velocidad al fluido	-No se produce la cantidad de óxido de etileno deseada -Acumulación de materias primas sin reaccionar en el resto de proceso, aumentando el riesgo	-Mantenimiento y revisión de la instrumentación y equipos -Revisar correctamente la puesta en marcha y que el proceso se encuentra en estado estacionario
INVERSO	Caudales	1.Fallo válvula antirretorno 2.Instalación de compresor en sentido contrario 3.Fallo circuito refrigerante	-El fluido circula en sentido contrario al flujo de proceso -El refrigerante circula en sentido contrario al flujo establecido, disminuyendo el intercambio de calor	-Revisión periódica del estado de las válvulas antirretorno -Revisión de la correcta instalación de los equipos antes de la puesta en marcha
PARTE DE	Materias primas	1.Entrada a reactor de materias primas por debajo de la pureza deseada	-Disminución de la producción deseada -Aumento de emisión de gases -Desgaste del catalizador a ritmo más rápido	-Reclamación al proveedor -Disponer de una alarma de concentración - Realizar muestreos con más frecuencia en caso de sospecha



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
ADEMÁS DE	Subproductos	<p>1. Entrada mezcla materias primas + recirculación con más pureza de la esperada</p> <p>2. Mal funcionamiento del catalizador</p>	<p>-Aumento de producción durante un pequeño periodo</p> <p>-Aumento subproductos no deseados</p> <p>-Aumento de temperatura y presión, con posibilidad de RUNAWAY</p>	<p>-Mantenimiento y revisión de instalaciones</p> <p>-Mantenimiento y revisión del catalizador</p> <p>-Disponer de sensores de concentración y caudal en entrada reactor</p> <p>- Realizar un paro de emergencia del reactor e inertizar, en el caso que sea necesario</p>



		Análisis de riesgos: HAZOP		PLANTA DE PRODUCCIÓN ÓXIDO DE ETILENO
		ÁREA 300 – Absorción		EQUIPO: Absorbedores ÍTEM: W301a/b, W302a/b
Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Caudal de entrada	1.Falla la válvula de entrada a absorbedor 2.Cierre de la válvula de entrada debido a un mal control 3.Problema en el equipo anterior que hace que no llegue fluido al absorbedor	-No puede seguir el proceso -Se debe parar el proceso debido a no se puede seguir	-Disponer de sensor de caudal -Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no poder seguir -Mantenimiento de válvulas y tuberías -Tener stock de válvulas -Realizar una correcta puesta en marcha
NO	Aire comprimido	1.Fallada del compresor de aire	-No funcionamiento de válvulas	-Disponer de un indicador de presión en la salida del compresor de aire -Mantenimiento y revisión periódica del compresor de aire y del funcionamiento del sistema de aire comprimido



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Estanqueidad	<p>1.El material de la maquinaria no se encuentra en buenas condiciones debido a la posible corrosión por parte de las sustancias que contiene o condiciones ambientales</p> <p>2.Mala conexión de equipos, tuberías y accesorios</p>	<p>-Aparición de fugas</p> <p>-Posibilidad de parada del proceso</p> <p>-Posibilidad muy alta de formación de nube tóxica o atmosfera explosiva</p>	<p>-Establecer una ventilación general para reducir el nivel del agente químico en el aire. Se trata de una ventilación por dilución.</p> <p>-Revisión periódica de los equipos</p>
NO	Caudal de absorbente (agua)	<p>1.Fallada de la válvula que regula la entrada de absorbente</p> <p>2.Deterioro del entramado de tuberías que transportan el absorbente, debido a la corrosión producida por el mismo</p>	<p>-Error en la absorción, sin absorbente no se puede producir</p> <p>-Se recircula todo el fluido que entra al absorbedor (Aplica a W301a/b)</p> <p>-Aumento emisiones atmosféricas (Aplica a W302a/b)</p>	<p>-Disponer de un sensor y control de caudal en la entrada del absorbente</p> <p>-Mantenimiento de válvulas reguladoras de caudal de absorbente</p> <p>-El material de la tubería tiene un revestimiento de teflón como protector para evitar o disminuir la corrosión</p> <p>-Mantenimiento y revisión de las tuberías</p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Inertización	1.Falla válvula que regula caudal de nitrógeno 2.Falta de nitrógeno por parte del proveedor 3.Problema en la línea de nitrógeno, no llega a destino	-No inertización del absorbedor cuando sea necesario, posible riesgo de atmosfera explosiva en caso de accidente	-Mantenimiento y revisión de tuberías y válvulas -Elección de más de un proveedor de nitrógeno -Disponer de medidas de seguridad necesarias que eviten fuego o explosión
NO	Caudal salida absorbedor	1.Cierre válvulas de salida 2.Obstrucción del absorbedor 3.Mala absorción	-El producto queda retenido en el absorbedor, se retarda el ciclo de producción -Posibilidad de reoxidación del óxido de etileno o del etileno -Aumento de presión en absorbedor -Posibilidad de acumulación de fluido dentro del absorbedor, llegándolo a deformar o explotar	-Disponer de sensores de caudal en la salida del absorbedor -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Cierre de entrada de fluido -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MÁS	Temperatura	1. Fallo de la lectura del sensor de temperatura de la entrada del absorbedor. Lee una temperatura inferior 2. Incendio o subida de temperatura exterior en A300 3. Entrada caudal absorbente a más temperatura que la operativa	<ul style="list-style-type: none"> -Aumento de temperatura del fluido de entrada -Posibilidad de incendio o explosión debido a las altas temperaturas -Aumento de la presión dentro del sistema -Posibilidad de mala operatividad del absorbedor debido a la variación de características 	<ul style="list-style-type: none"> -Revisión periódica del estado de la instrumentación -Disponer de una alarma de altas temperaturas -Disponer de las medidas de seguridad necesarias que eviten el fuego o la explosión -Disponer de controles de temperatura en entrada y salida del absorbedor y en caudales de absorbente -Disponer de un medidor de temperatura externo y realizar medidas periódicas



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MÁS	Presión	1.Fallo de la lectura del sensor de presión de la entrada de fluido de proceso. Lee una presión errónea 2.Cualquiera de los motivos de aumento de temperatura anteriores en A300 3.Aumento caudal de absorbedor	-Aumento de presión del fluido de entrada -Posibilidad de aumento de presión en el absorbedor, llegándolo a deformar o explotar -Posibilidad de incendio o explosión debido a las altas presiones -Aumento de la temperatura dentro del sistema -Posibilidad de mala operatividad del absorbedor debido a la variación de características	-Revisión periódica del estado de la instrumentación -Disponer de una alarma de altas presiones -Disponer de las medidas de seguridad necesarias que eviten el fuego o la explosión -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel, con su periódica revisión
MÁS	Caudal entrada fluido	1.Error en el control ratio de proporciones de fluido con absorbente 2.Error en las etapas anteriores	-Aumento de presión y su consecuente riesgo de explosión -Acumulación de fluido en el absorbedor -Disminución tiempo de residencia -Mala operatividad del absorbedor debido a la variación de características	-Disponer de un sensor de caudal de entrada de fluido de proceso al absorbedor -Mantenimiento y revisión de instrumentación -Disponer de medidas de seguridad necesarias que eviten fuego o explosión



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MÁS	Caudal de absorbente (agua)	1. Error en el control ratio de proporciones de fluido con absorbente 2. Error en la llegada de absorbente	-Aumento de presión y su consecuente riesgo de explosión -Acumulación de fluido en el absorbedor -Disminución tiempo de residencia - Posibilidad de mala operatividad del absorbedor debido a la variación de características -Posibilidad de inundación del absorbedor	-Disponer de un sensor de caudal de entrada del absorbente -Mantenimiento y revisión de instrumentación -Disponer de medidas de seguridad necesarias que eviten fuego o explosión -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel, con su periódica revisión
MÁS	Tiempo de operación	1. Cierre válvulas de salida 2. Problemas de operatividad del absorbedor 3. Menos caudal de fluido de proceso 4. Menos caudal de absorbente	-Retardo en el ciclo productivo -Posibilidad de reoxidación del óxido de etileno o del etileno -Menor absorción del óxido de etileno -Mayor caudal de recirculación (Aplica a W301a/b) -Mayor emisión de gases (Aplica a W302a/b)	-Disponer de sensores de caudal en la salida del absorbedor -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Control caudales de entrada a absorbedor, tanto de fluido de proceso como de absorbente



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MENOS	Temperatura	<p>1.Fallo de la lectura del sensor de temperatura de la entrada al absorbedor. Lee una temperatura superior</p> <p>2.Bajada de temperatura exterior en A300</p> <p>3.Entrada del caudal de absorbente a menor temperatura que la operativa</p>	<p>-Disminución de temperatura y presión de operación</p> <p>-Posibilidad de mala operatividad del absorbedor debido a la variación de características</p>	<p>-Revisión periódica del estado de la instrumentación</p> <p>-Disponer de controles de temperatura en entrada y salida del absorbedor y en caudales de absorbente</p> <p>-Revisión periódica del material aislante de las tuberías</p> <p>-Mantenimiento y revisión de las válvulas</p> <p>-Disponer de un medidor de temperatura externo y realizar medidas periódicas</p>
MENOS	Presión	<p>1.Fallo de la lectura del sensor de presión de la entrada en el reactor. Lee una presión errónea</p> <p>2.Fallo compresor entrada absorbedor (Aplica a W301a/b) y fallo bomba entrada absorbedor (Aplica a W302a/b)</p> <p>4.Aumento de pérdida de presión en el absorbedor, a causa del lecho empacado</p>	<p>-Disminución de presión de operación y temperatura en el sistema</p> <p>-Posible formación de vacío y consecuente deformación o ruptura de equipos o tuberías</p> <p>-Menor absorción de óxido de etileno</p> <p>-Aumento de emisiones a atmosfera (Aplica a W302a/b) y aumento de recirculación (Aplica a W301a/b)</p>	<p>-Revisión periódica del estado de la instrumentación</p> <p>- Disponer de controles de presión en entrada y salida del absorbedor y en caudales de absorbente</p> <p>-Mantenimiento y revisión de las válvulas y tuberías</p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MENOS	Caudal entrada fluido	1. Error en el control ratio de proporciones de caudales 2. Error en las etapas anteriores 3. Cierre de válvulas entrada absorbedor	-Variación de la operatividad del absorbedor -Retraso del proceso y entrega de producto final a cliente -Aumento tiempo de residencia	-Disponer de un sensor de caudal de entrada en absorbedor -Mantenimiento y revisión de instrumentación -Disminución caudal absorbente para igualar proporciones
MENOS	Caudal absorbente (agua)	1. Error en el control ratio de proporciones de fluido con absorbente 2. Error en la llegada de absorbente	-Variación de la operatividad del absorbedor -Retraso del proceso y entrega de producto final a cliente -Aumento tiempo de residencia -Aumento recirculación (Aplica a W301a/b) -Aumento emisión a la atmosfera (Aplica a W302a/b)	-Disponer de un sensor de caudal de entrada en absorbente -Mantenimiento y revisión de instrumentación -Parar planta en caso extremo



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MENOS	Tiempo de operación	<p>1.Error en el compresor o bomba, dándole más velocidad al fluido</p> <p>2.Aumento caudal de fluido de proceso debido a errores en equipos anteriores</p> <p>3.Aumento de caudal de absorbente debido a error en equipos de servicio</p>	<p>- Variación de la operatividad del absorbedor</p> <p>-Aumento recirculación (Aplica a W301a/b)</p> <p>-Aumento emisión a la atmosfera (Aplica a W302a/b)</p>	<p>-Mantenimiento y revisión de la instrumentación y equipos</p> <p>-Revisar correctamente la puesta en marcha y que el proceso se encuentra en estado estacionario</p>
INVERSO	Caudales	<p>1.Fallo válvula antiretorno</p> <p>2.Instalación de compresor o bomba en sentido contrario</p>	<p>-El fluido circula en sentido contrario al flujo de proceso</p>	<p>-Revisión periódica del estado de las válvulas antiretorno</p> <p>-Revisión de la correcta instalación de los equipos antes de la puesta en marcha</p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
PARTE DE	Fluido de proceso	1. Entrada a absorbedor de fluido de proceso con menor concentración de óxido de etileno	-Disminución de la producción deseada -Aumento de emisión de gases -Variación de la operatividad del absorbedor	-Disponer de una alarma de concentración -Realizar muestreos con más frecuencia en caso de sospecha -Disminución de las ventas debido a la disminución de producción
ADEMÁS DE	Fluido de proceso	1. Entrada a absorbedor de fluido de proceso con mayor concentración de óxido de etileno	-Aumento de producción durante un pequeño periodo -Aumento de emisión a la atmósfera debido al óxido de etileno que no se absorberá y se quemará	-Mantenimiento y revisión de instalaciones -Mantenimiento y revisión del catalizador -Disponer de sensores de concentración y caudal en entrada absorbedor



		Análisis de riesgos: HAZOP		PLANTA DE PRODUCCIÓN ÓXIDO DE ETILENO
		ÁREA 400 – Separación		EQUIPO: Separadores ÍTEM: S401a/b
Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Caudal de entrada	1.Falla la válvula de entrada a separador 2.Cierre de la válvula de entrada debido a un mal control 3.Problema en el equipo anterior que hace que no llegue fluido al separador	-No puede seguir el proceso -Se debe parar el proceso debido a que no se puede seguir	-Disponer de sensor de caudal -Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no poder seguir -Mantenimiento de válvulas y tuberías -Tener stock de válvulas -Realizar una correcta puesta en marcha
NO	Aire comprimido	1.Fallada del compresor de aire	-No funcionamiento de válvulas	-Disponer de un indicador de presión en la salida del compresor de aire -Mantenimiento y revisión periódica del compresor de aire y del funcionamiento del sistema de aire comprimido



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Estanqueidad	<p>1.El material de la maquinaria no se encuentra en buenas condiciones debido a la posible corrosión por parte de las sustancias que contiene o condiciones ambientales</p> <p>2.Mala conexión de equipos, tuberías y accesorios</p>	<p>-Aparición de fugas</p> <p>-Posibilidad de parada del proceso</p> <p>-Posibilidad muy alta de formación de nube tóxica o atmosfera explosiva</p>	<p>-Establecer una ventilación general para reducir el nivel del agente químico en el aire. Se trata de una ventilación por dilución.</p> <p>-Revisión periódica de los equipos</p>
NO	Inertización	<p>1.Falla válvula que regula caudal de nitrógeno</p> <p>2.Falta de nitrógeno por parte del proveedor</p> <p>3.Problema en la línea de nitrógeno, no llega a destino</p>	<p>-No inertización del separador cuando sea necesario, posible riesgo de atmosfera explosiva en caso de accidente</p>	<p>-Mantenimiento y revisión de tuberías y válvulas</p> <p>-Elección de más de un proveedor de nitrógeno</p> <p>-Disponer de medidas de seguridad necesarias que eviten fuego o explosión</p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Caudal salida líquido separador	1.Cierre válvulas de salida 2.Obstrucción del separador 3.Mala separación	<ul style="list-style-type: none"> -El producto queda retenido en el separador, se retarda el ciclo de producción -Posibilidad de reoxidación del óxido de etileno o del etileno -Aumento de presión en separador -Posibilidad de acumulación de fluido dentro del separador, llegándolo a deformar o explotar -Posibilidad de inundación del separador 	<ul style="list-style-type: none"> -Disponer de sensores de caudal en la salida del separador -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Cierre de entrada de fluido -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel
NO	Caudal salida gases separador	1.Cierre válvulas de salida 2.Obstrucción del separador 3.Mala separación	<ul style="list-style-type: none"> -Posibilidad de reoxidación del óxido de etileno o del etileno -Aumento de presión en separador -Posibilidad de acumulación de fluido en el separador, llegándolo a deformar o explotar, además de retraso de ciclo de producción -Posibilidad de inundación del separador 	<ul style="list-style-type: none"> -Disponer de sensores de caudal en la salida del separador -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Cierre de entrada de fluido -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MÁS	Temperatura	<p>1.Fallo de la lectura del sensor de temperatura de la entrada del separador. Lee una temperatura inferior</p> <p>2.Incendio o subida de temperatura exterior en A400</p> <p>3.Fallo intercambiador H401a/b</p>	<p>-Aumento de temperatura del fluido de entrada</p> <p>-Posibilidad de incendio o explosión debido a las altas temperaturas</p> <p>-Aumento de la presión dentro del sistema</p> <p>-Posibilidad de mala operatividad del separador debido a la variación de características</p>	<p>-Revisión periódica del estado de la instrumentación</p> <p>-Disponer de una alarma de altas temperaturas</p> <p>-Disponer de las medidas de seguridad necesarias que eviten el fuego o la explosión</p> <p>-Disponer de controles de temperatura en entrada y salida del separador</p> <p>-Disponer de un medidor de temperatura externo y realizar medidas periódicas</p>
MÁS	Presión	<p>1.Fallo de la lectura del sensor de presión de la entrada de fluido de proceso. Lee una presión errónea</p> <p>2.Cualquiera de los motivos de aumento de temperatura anteriores en A400</p> <p>3.Aumento caudal entrada separador y aumento de la cantidad de gas en él</p>	<p>-Aumento de presión del fluido de entrada y aumento de temperatura</p> <p>-Posibilidad de aumento de presión en el separador, llegándolo a deformar</p> <p>-Posibilidad de incendio o explosión debido a las altas presiones</p> <p>-Posibilidad de mala operatividad del separador debido a la variación de características</p>	<p>-Revisión periódica del estado de la instrumentación</p> <p>-Disponer de una alarma de altas presiones</p> <p>-Disponer de las medidas de seguridad necesarias que eviten el fuego o la explosión</p> <p>-Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel, con su periódica revisión</p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MÁS	Caudal entrada fluido	1.Error en las etapas anteriores	<ul style="list-style-type: none"> -Aumento de presión y su consecuente riesgo de explosión -Acumulación de fluido en el separador -Disminución tiempo de residencia - Posibilidad de mala operatividad del separador debido a la variación de características 	<ul style="list-style-type: none"> -Disponer de un sensor de caudal de entrada de fluido de proceso al separador -Mantenimiento y revisión de instrumentación -Disponer de medidas de seguridad necesarias que eviten fuego o explosión
MÁS	Caudal de salida gaseoso separador	<ul style="list-style-type: none"> 1.Error en el funcionamiento del separador 2.Error en el caudal de entrada al separador debido a algún error en las etapas anteriores 	<ul style="list-style-type: none"> -Aumento de presión y su consecuente riesgo de explosión -Disminución tiempo de residencia - Posibilidad de mala operatividad del separador debido a la variación de características -Aumento emisiones a la atmosfera 	<ul style="list-style-type: none"> -Disponer de un sensor de caudal en las salidas -Mantenimiento y revisión de instrumentación -Disponer de medidas de seguridad necesarias que eviten fuego o explosión -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel, con su periódica revisión



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MÁS	Caudal de salida de líquido separador	1. Error en el funcionamiento del separador 2. Error en el caudal de entrada al separador debido a algún error en las etapas anteriores	-Aumento de presión y su consecuente riesgo de explosión -Disminución tiempo de residencia - Posibilidad de mala operatividad del separador debido a la variación de características -Aumento de impurezas en el fluido de proceso	-Disponer de un sensor de caudal en las salidas -Mantenimiento y revisión de instrumentación -Disponer de medidas de seguridad necesarias que eviten fuego o explosión -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel, con su periódica revisión -Revisión de concentraciones en el caso que sea necesario
MÁS	Tiempo de operación	1. Cierre válvulas de salida 2. Problemas de operatividad del separador 3. Menos caudal de fluido de proceso	-Retardo en el ciclo productivo -Posibilidad de reoxidación del óxido de etileno o del etileno -Mayor caudal de gas y, por lo tanto, mayor emisión de gases -Posibilidad de peor separación	-Disponer de sensores de caudal en la salida del separador -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Control condiciones de operación separador



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MENOS	Temperatura	<p>1.Fallo de la lectura del sensor de temperatura de la entrada al separador. Lee una temperatura superior</p> <p>2.Bajada de temperatura exterior en A400</p>	<p>-Disminución de temperatura de operación</p> <p>-Disminución de la presión dentro del sistema</p> <p>-Posibilidad de mala operatividad del separador debido a la variación de características</p> <p>-Posibilidad de inundación debido a que habrá más caudal de líquido</p>	<p>-Revisión periódica del estado de la instrumentación</p> <p>-Disponer de controles de temperatura en entrada y salida del separador</p> <p>-Revisión periódica del material aislante de las tuberías</p> <p>-Mantenimiento y revisión de las válvulas</p> <p>-Disponer de un medidor de temperatura externo y realizar medidas periódicas</p>
MENOS	Presión	<p>1.Fallo de la lectura del sensor de presión de la entrada en el separador. Lee una presión errónea</p> <p>2.Fallo bomba entrada separador</p> <p>4.Aumento de pérdida de presión antes de entrada en el separador</p>	<p>-Disminución de presión de operación</p> <p>-Disminución de la temperatura dentro del sistema</p> <p>-Posible formación de vacío y consecuente deformación o ruptura de equipos o tuberías</p> <p>-Acumulación de fluido en el separador</p> <p>-Aumento caudal salida líquido pero menor pureza</p>	<p>-Revisión periódica del estado de la instrumentación</p> <p>- Disponer de controles de presión en entrada y salida del separador</p> <p>-Mantenimiento y revisión de las válvulas, bomba y tuberías</p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MENOS	Caudal entrada fluido	<p>1.Error en las etapas anteriores</p> <p>3.Cierre de válvulas entrada separador</p>	<p>-Variación de la operatividad del separador</p> <p>-Retraso del proceso y entrega de producto final a cliente</p> <p>-Aumento tiempo de residencia</p>	<p>-Disponer de un sensor de caudal de entrada en separador</p> <p>-Mantenimiento y revisión de instrumentación</p> <p>-Adaptar condiciones de operación del separador al nuevo caudal</p>
MENOS	Caudal salida gases separador	<p>1.Error en el proceso de separación</p> <p>2.Error en las etapas anteriores y, por lo tanto, fluido de proceso fuera de rangos</p>	<p>-Variación de la operatividad del separador</p> <p>-Aumento tiempo de residencia</p> <p>-Aumento impurezas en el fluido de proceso</p> <p>-Disminución de gases en la atmosfera</p>	<p>-Mantenimiento y revisión de instrumentación e instalación</p> <p>-Adaptar condiciones de operación del separador al nuevo caudal</p> <p>-Parar planta en caso extremo</p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MENOS	Tiempo de operación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Error en la bomba, dándole más velocidad al fluido 2. Aumento caudal de fluido de proceso debido a errores en equipos anteriores 	<ul style="list-style-type: none"> -Variación de la operatividad del separador -Disminución de la pureza del óxido de etileno -Aumento emisión a la atmosfera (Aplica a W302a/b) 	<ul style="list-style-type: none"> -Mantenimiento y revisión de la instrumentación y equipos -Revisar correctamente la puesta en marcha y que el proceso se encuentra en estado estacionario
INVERSO	Caudales	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fallo válvula antirretorno 2. Instalación de bomba en sentido contrario 3. Se hace el vacío en separador, los gases se van hacia dentro 	<ul style="list-style-type: none"> -El fluido circula en sentido contrario al flujo de proceso -Posibilidad de acumulación de fluido de proceso en el separador o de gases -Aumento de presión en separador 	<ul style="list-style-type: none"> -Revisión periódica del estado de las válvulas antirretorno -Revisión de la correcta instalación de los equipos antes de la puesta en marcha
PARTE DE	Fluido de proceso	<ol style="list-style-type: none"> 1. Entrada a separador de fluido de proceso con menor concentración de óxido de etileno 	<ul style="list-style-type: none"> -Disminución de la producción deseada -Aumento de emisión de gases -Variación de la operatividad del separador 	<ul style="list-style-type: none"> -Disponer de una alarma de concentración -Realizar muestreos con más frecuencia en caso de sospecha -Disminución de las ventas debido a la disminución de producción



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
ADEMÁS DE	Fluido de proceso	1. Entrada a separador de fluido de proceso con mayor concentración de óxido de etileno	<ul style="list-style-type: none">-Aumento de producción durante un pequeño periodo-Aumento de emisión a la atmosfera debido al óxido de etileno que no se quedará absorbido en el agua y se irá con la corriente gaseoso y, posteriormente, se quemará	<ul style="list-style-type: none">-Mantenimiento y revisión de instalaciones-Mantenimiento y revisión del catalizador-Disponer de sensores de concentración y caudal de entrada separador



		Análisis de riesgos: HAZOP		PLANTA DE PRODUCCIÓN ÓXIDO DE ETILENO
		ÁREA 500 – Destilación		EQUIPO: Destiladores ÍTEM: D501a/b y D502a/b
Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Caudal de entrada	1.Falla la válvula de entrada a destilador 2.Cierre de la válvula de entrada debido a un mal control 3.Problema en el equipo anterior que hace que no llegue fluido al destilador	-No puede seguir el proceso -Se debe parar el proceso debido a que no se puede seguir	-Disponer de sensor de caudal -Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no poder seguir -Mantenimiento de válvulas y tuberías -Tener stock de válvulas -Realizar una correcta puesta en marcha
NO	Aire comprimido	1.Fallada del compresor de aire	-No funcionamiento de válvulas	-Disponer de un indicador de presión en la salida del compresor de aire -Mantenimiento y revisión periódica del compresor de aire y del funcionamiento del sistema de aire comprimido



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Estanqueidad	<p>1.El material de la maquinaria no se encuentra en buenas condiciones debido a la posible corrosión por parte de las sustancias que contiene o condiciones ambientales</p> <p>2.Mala conexión de equipos, tuberías y accesorios</p>	<p>-Aparición de fugas</p> <p>-Posibilidad de parada del proceso</p> <p>-Posibilidad muy alta de formación de nube tóxica o atmosfera explosiva</p>	<p>-Establecer una ventilación general para reducir el nivel del agente químico en el aire. Se trata de una ventilación por dilución.</p> <p>-Revisión periódica de los equipos</p>
NO	Inertización	<p>1.Falla válvula que regula caudal de nitrógeno</p> <p>2.Falta de nitrógeno por parte del proveedor</p> <p>3.Problema en la línea de nitrógeno, no llega a destino</p>	<p>-No inertización del destilador cuando sea necesario, posible riesgo de atmosfera explosiva en caso de accidente</p>	<p>-Mantenimiento y revisión de tuberías y válvulas</p> <p>-Elección de más de un proveedor de nitrógeno</p> <p>-Disponer de medidas de seguridad necesarias que eviten fuego o explosión</p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Caudal salida <i>condenser</i> destilador	1.Cierre válvulas de salida 2.Obstrucción del destilador 3.Mala destilación 4.Mala condensación	<ul style="list-style-type: none"> -El producto queda retenido en el condensador, se retarda el ciclo de producción -Posibilidad de reoxidación del óxido de etileno o del etileno -Aumento de presión en destilador -Posibilidad de acumulación de fluido dentro del destilador, llegándolo a deformar o explotar -Posibilidad de inundación del destilador -Posibilidad de fugas 	<ul style="list-style-type: none"> -Disponer de sensores de caudal en la salida del condensador -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Cierre de entrada de fluido -Control automatizado del <i>Condenser</i> -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Caudal salida <i>reboiler</i> destilador	1.Cierre válvulas de salida 2.Obstrucción del destilador 3.Mala destilación 4.Mala condensación	<ul style="list-style-type: none"> -El producto queda retenido en el reboiler, se retarda el ciclo de producción -Posibilidad de reoxidación del óxido de etileno o del etileno -Aumento de presión en destilador -Posibilidad de acumulación de fluido dentro del destilador, llegándolo a deformar o explotar -Posibilidad de inundación del destilador -Posibilidad de fugas 	<ul style="list-style-type: none"> -Disponer de sensores de caudal en la salida del condensador -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Cierre de entrada de fluido -Control automatizado del <i>Reboiler</i> -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Caudal servicios para <i>condenser</i>	1.Cierre válvulas de entrada o salida servicios condensador 2.Obstrucción de las tuberías de servicios del condensador 3.Error en los equipos de servicios	-El producto queda retenido en el condensador, se retarda el ciclo de producción -Posibilidad de acumulación de fluido dentro del destilador, llegándolo a deformar o explotar -Posibilidad de inundación del destilador o fugas -Mala destilación	-Disponer de sensores en el <i>Condenser</i> -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Cierre de entrada de fluido y servicios -Control automatizado del <i>Condenser</i> -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel
NO	Caudal servicios para <i>reboiler</i>	1.Cierre válvulas de entrada o salida servicios condensador 2.Obstrucción de las tuberías de servicios del condensador 3.Error en los equipos de servicios	-El producto queda retenido en el condensador, se retarda el ciclo de producción -Posibilidad de acumulación de fluido dentro del destilador, llegándolo a deformar o explotar -Posibilidad de inundación del destilador o fugas -Mala destilación	-Disponer de sensores en el <i>Reboiler</i> -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Cierre de entrada de fluido y servicios -Control automatizado del <i>Reboiler</i> -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MÁS	Temperatura	<p>1.Fallo de la lectura del sensor de temperatura de la entrada del destilador. Lee una temperatura inferior</p> <p>2.Incendio o subida de temperatura exterior en A500</p> <p>3.Fallo intercambiador H501a/b (Aplica D502a/b)</p>	<p>-Aumento de temperatura del fluido de entrada</p> <p>-Posibilidad de incendio o explosión debido a las altas temperaturas</p> <p>-Aumento de la presión dentro del sistema</p> <p>-Posibilidad de mala operatividad del destilador debido a la variación de características</p>	<p>-Revisión periódica del estado de la instrumentación</p> <p>-Disponer de una alarma de altas temperaturas</p> <p>-Disponer de las medidas de seguridad necesarias que eviten el fuego o la explosión</p> <p>-Disponer de controles de temperatura en entrada y salida del destilador</p> <p>-Disponer de un medidor de temperatura externo y realizar medidas periódicas</p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MÁS	Presión	<p>1.Fallo de la lectura del sensor de presión de la entrada de fluido de proceso. Lee una presión errónea</p> <p>2.Cualquiera de los motivos de aumento de temperatura anteriores en A500</p> <p>3.Aumento caudal entrada destilador</p> <p>4.Aumento de la cantidad de gas en el destilador debido a fallo en <i>reboiler</i> o <i>condenser</i></p>	<p>-Aumento de presión del fluido de entrada</p> <p>-Posibilidad de aumento de presión en el destilador, llegándolo a deformar o explotar</p> <p>-Posibilidad de incendio o explosión debido a las altas presiones</p> <p>-Aumento de la temperatura dentro del sistema</p> <p>-Posibilidad de mala operatividad del destilador debido a la variación de características</p>	<p>-Revisión periódica del estado de la instrumentación</p> <p>-Disponer de una alarma de altas presiones</p> <p>-Disponer de las medidas de seguridad necesarias que eviten el fuego o la explosión</p> <p>-Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel, con su periódica revisión</p>
MÁS	Caudal entrada fluido	<p>1.Error en las etapas anteriores</p>	<p>-Aumento de presión y su consecuente riesgo de explosión</p> <p>-Acumulación de fluido en el destilador</p> <p>-Disminución tiempo de residencia</p> <p>- Posibilidad de mala operatividad del destilador debido a la variación de características</p>	<p>-Disponer de un sensor de caudal de entrada de fluido de proceso al destilador</p> <p>-Mantenimiento y revisión de instrumentación</p> <p>-Disponer de medidas de seguridad necesarias que eviten fuego o explosión</p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MÁS	Caudal de salida <i>condenser</i> destilador	1. Error en el funcionamiento del destilador 2. Error en el caudal de entrada al destilador debido a algún error en las etapas anteriores 3. Error en operatividad de <i>reboiler</i> o <i>condenser</i>	-Aumento de presión y su consecuente riesgo de explosión -Disminución tiempo de residencia - Posibilidad de mala operatividad del destilador debido a la variación de características -Aumento caudal óxido de etileno, con posibilidad de más impurezas	-Disponer de un sensor de caudal en las salidas -Mantenimiento y revisión de instrumentación -Disponer de medidas de seguridad necesarias que eviten fuego o explosión -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel, con su periódica revisión -Realizar muestreos con más frecuencia en caso de sospecha



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MÁS	Caudal de salida <i>reboiler</i> destilador	<p>1. Error en el funcionamiento del destilador</p> <p>2. Error en el caudal de entrada al destilador debido a algún error en las etapas anteriores</p> <p>3. Error en operatividad de <i>reboiler</i> o <i>condenser</i></p>	<p>-Aumento de presión y su consecuente riesgo de explosión</p> <p>-Disminución tiempo de residencia</p> <p>- Posibilidad de mala operatividad del destilador debido a la variación de características</p> <p>-Aumento caudal agua, con posibilidad de más impurezas</p> <p>-Disminución de la pureza del óxido de etileno</p>	<p>-Disponer de un sensor de caudal en las salidas</p> <p>-Mantenimiento y revisión de instrumentación</p> <p>-Disponer de medidas de seguridad necesarias que eviten fuego o explosión</p> <p>-Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel, con su periódica revisión</p> <p>-Realizar muestreos con más frecuencia en caso de sospecha</p>
MÁS	Caudal servicios para <i>condenser</i>	<p>1. Error válvulas reguladoras de servicios condensador</p> <p>2. Error en los equipos de servicios</p>	<p>-El producto queda retenido en el condensador, se retarda el ciclo de producción</p> <p>-Posibilidad de acumulación de fluido dentro del destilador, llegándolo a deformar o explotar</p> <p>-Posibilidad de inundación del destilador o fugas</p> <p>-Mala destilación</p>	<p>-Disponer de sensores en el <i>Condenser</i></p> <p>-Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación</p> <p>-Cierre de entrada de fluido y servicios</p> <p>-Control automatizado del <i>Condenser</i></p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MÁS	Caudal servicios para <i>reboiler</i>	1. Error válvulas reguladoras de servicios <i>reboiler</i> 2. Error en los equipos de servicios	<ul style="list-style-type: none"> -El producto queda retenido en el condensador, se retarda el ciclo de producción -Posibilidad de acumulación de fluido dentro del destilador, llegando a deformar o explotar -Posibilidad de inundación del destilador -Posibilidad de fugas -Mala destilación 	<ul style="list-style-type: none"> -Disponer de sensores en el <i>reboiler</i> -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Cierre de entrada de fluido y servicios -Control automatizado del <i>reboiler</i>
MÁS	Tiempo de operación	1. Cierre válvulas de salida 2. Problemas de operatividad del destilador 3. Menos caudal de fluido de proceso	<ul style="list-style-type: none"> -Retardo en el ciclo productivo -Posibilidad de reoxidación del óxido de etileno o del etileno -Posibilidad de inundación del destilador -Posibilidad de peor destilación 	<ul style="list-style-type: none"> -Disponer de sensores de caudal en la salida del destilador -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Control condiciones de operación destilador



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MENOS	Temperatura	<p>1.Fallo de la lectura del sensor de temperatura de la entrada al destilador. Lee una temperatura superior</p> <p>2.Bajada de temperatura exterior en A500</p> <p>3.Fallo intercambiador H501a/b (Aplica D502a/b)</p>	<p>-Disminución de temperatura de operación</p> <p>-Disminución de la presión dentro del sistema</p> <p>-Posibilidad de mala operatividad del destilador debido a la variación de características</p> <p>-Posibilidad de inundación debido a que habrá más caudal de líquido</p>	<p>-Revisión periódica del estado de la instrumentación</p> <p>-Disponer de controles de temperatura en entrada y salida del destilador</p> <p>-Revisión periódica del material aislante de las tuberías</p> <p>-Mantenimiento y revisión de las válvulas</p> <p>-Disponer de un medidor de temperatura externo y realizar medidas periódicas</p>
MENOS	Presión	<p>1.Fallo de la lectura del sensor de presión de la entrada en el destilador. Lee una presión errónea</p> <p>2.Fallo bomba entrada destilador (Aplica a D501a/b)</p> <p>3.Aumento de pérdida de presión antes de entrada en el destilador</p>	<p>-Disminución de presión de operación y temperatura del sistema</p> <p>-Posible formación de vacío y consecuente deformación o ruptura de equipos o tuberías</p> <p>-Acumulación de fluido en el destilador</p> <p>-Posibilidad de mala operatividad del destilador debido a la variación de características</p>	<p>-Revisión periódica del estado de la instrumentación</p> <p>- Disponer de controles de presión en entrada y salida del destilador</p> <p>-Mantenimiento y revisión de las válvulas, bomba y tuberías</p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MENOS	Caudal entrada fluido	1. Error en las etapas anteriores 2. Cierre de válvulas entrada destilador	-Variación de la operatividad del destilador -Retraso del proceso y entrega de producto final a cliente -Aumento tiempo de residencia	-Disponer de un sensor de caudal de entrada en destilador -Mantenimiento y revisión de instrumentación -Adaptar condiciones de operación del destilador al nuevo caudal
MENOS	Caudal de salida <i>condenser</i> destilador	1. Error en las etapas anteriores 2. Obstrucción de las tuberías del <i>condensador</i> 3. Error en los equipos de servicios 4. Cierre de válvulas entrada destilador	-Variación de la operatividad del destilador -Retraso del proceso y entrega de producto final a cliente -Aumento tiempo de residencia	-Disponer de sensores en el <i>condenser</i> -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Cierre de entrada de fluido y servicios -Control automatizado del <i>condenser</i>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MENOS	Caudal de salida <i>reboiler</i> destilador	1. Error en las etapas anteriores 2. Obstrucción de las tuberías del <i>reboiler</i> 3. Error en los equipos de servicios 4. Cierre de válvulas entrada destilador	-Variación de la operatividad del destilador -Retraso del proceso y entrega de producto final a cliente -Aumento tiempo de residencia	-Disponer de sensores en el <i>reboiler</i> -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Cierre de entrada de fluido y servicios -Control automatizado del <i>reboiler</i>
MENOS	Caudal servicios para <i>condenser</i>	1. Cierre válvulas de entrada o salida servicios condensador 2. Obstrucción de las tuberías de servicios del condensador 3. Error en los equipos de servicios	-El producto queda retenido en el condensador, se retarda el ciclo de producción -Posibilidad de acumulación de fluido dentro del destilador, llegándolo a deformar o explotar -Posibilidad de inundación del destilador -Posibilidad de fugas -Mala destilación	-Disponer de sensores en el <i>condenser</i> -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Cierre de entrada de fluido y servicios -Control automatizado del <i>condenser</i>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MENOS	Caudal servicios para <i>reboiler</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1.Cierre válvulas de entrada o salida servicios condensador 2.Obstrucción de las tuberías de servicios del condensador 3.Error en los equipos de servicios 	<ul style="list-style-type: none"> -El producto queda retenido en el condensador, se retarda el ciclo de producción -Posibilidad de acumulación de fluido dentro del destilador, llegándolo a deformar o explotar -Posibilidad de inundación del destilador -Posibilidad de fugas -Mala destilación 	<ul style="list-style-type: none"> -Disponer de sensores en el <i>reboiler</i> -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Cierre de entrada de fluido y servicios -Control automatizado del <i>reboiler</i>
MENOS	Tiempo de operación	<ol style="list-style-type: none"> 1.Error en la bomba, dándole más velocidad al fluido (aplica en D501a/b) 2.Aumento caudal de fluido de proceso debido a errores en equipos anteriores 	<ul style="list-style-type: none"> -Variación de la operatividad del destilador -Disminución de la pureza del óxido de etileno 	<ul style="list-style-type: none"> -Mantenimiento y revisión de la instrumentación y equipos -Revisar correctamente la puesta en marcha y que el proceso se encuentra en estado estacionario



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
INVERSO	Caudales	1.Fallo válvula antirretorno 2.Instalación de bomba en sentido contrario (Aplica a D501a/b) 3.Mal funcionamiento de <i>reboiler</i> o <i>condenser</i>	-El fluido circula en sentido contrario al flujo de proceso -Posibilidad de acumulación de fluido de proceso o de gases en el destilador -Aumento de presión en destilador	-Revisión periódica del estado de las válvulas antirretorno -Revisión de la correcta instalación de los equipos antes de la puesta en marcha
PARTE DE	Fluido de proceso	1.Entrada a destilador de fluido de proceso con menor concentración de óxido de etileno	-Disminución de la producción deseada -Variación de la operatividad del destilador	-Disponer de una alarma de concentración -Realizar muestreos con más frecuencia en caso de sospecha -Disminución de las ventas debido a la disminución de producción
ADEMÁS DE	Fluido de proceso	1.Entrada a destilador de fluido de proceso con mayor concentración de óxido de etileno	-Aumento de producción durante un pequeño periodo -Aumento de óxido de etileno en el agua que no se destilará correctamente y se irá con la corriente acuoso aumentando los residuos líquidos que desechamos	-Mantenimiento y revisión de instalaciones -Mantenimiento y revisión del catalizador -Disponer de sensores de concentración y caudal de entrada y salida en destilador



		Análisis de riesgos: HAZOP		PLANTA DE PRODUCCIÓN ÓXIDO DE ETILENO
		ÁREA 600 – Almacenaje y zona de carga		EQUIPO: Tanques almacenamiento óxido de etileno ÍTEM: T601a/b, T602a/b
Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Caudal de entrada	1.Falla la válvula de entrada a tanques 2.Cierre de la válvula de entrada debido a un mal control 3.Problema en la producción que hace que no llegue óxido de etileno al tanque	-No puede entregar producto final	-Disponer de sensor de caudal -Mantenimiento de válvulas y tuberías -Tener stock de producto final para poder hacer las entregas -Realizar una correcta puesta en marcha y mantenimiento del proceso
NO	Aire comprimido	1.Fallada del compresor de aire	-No funcionamiento de válvulas	-Disponer de un indicador de presión en la salida del compresor de aire -Mantenimiento y revisión periódica del compresor de aire y del funcionamiento del sistema de aire comprimido



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Estanqueidad	<p>1.El material de la maquinaria no se encuentra en buenas condiciones debido a la posible corrosión por parte de las sustancias que contiene o condiciones ambientales</p> <p>2.Mala conexión de equipos, tuberías y accesorios</p>	<p>-Aparición de fugas</p> <p>-Posibilidad de fuga de producto final</p> <p>-Posibilidad muy alta de formación de nube tóxica o atmosfera explosiva</p>	<p>-Establecer una ventilación general para reducir el nivel del agente químico en el aire. Se trata de una ventilación por dilución.</p> <p>-Revisión periódica de los equipos</p>
NO	Inertización	<p>1.Falla válvula que regula caudal de nitrógeno</p> <p>2.Falta de nitrógeno por parte del proveedor</p> <p>3.Problema en la línea de nitrógeno, no llega a destino</p>	<p>-No inertización de los tanques cuando sea necesario, posible riesgo de atmosfera explosiva en caso de accidente</p>	<p>-Mantenimiento y revisión de tuberías y válvulas</p> <p>-Elección de más de un proveedor de nitrógeno</p> <p>-Disponer de medidas de seguridad necesarias que eviten fuego o explosión</p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Caudal salida	1.Cierre válvulas de salida 2.Falta de óxido de etileno en tanque	-No se puede entregar producto final -Aumento de presión en tanque	-Disponer de sensores de caudal en la salida del tanque -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Cierre de entrada de fluido -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel
NO	Caudal refrigeración	1.Error en servicios 2.Válvulas cerradas	-Aumento temperatura tanque -Aumento presión tanque -Evaporación del óxido de etileno -Aumento posibilidad de atmosfera explosiva, incendio o explosión	-Disponer de sensores de caudal en el refrigerante del tanque -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Cierre de entrada de fluido -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel -Disponer de las medidas de seguridad necesarias que eviten el fuego o la explosión



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MÁS	Temperatura	<ol style="list-style-type: none">1.Fallo de la lectura del sensor de temperatura del tanque. Lee una temperatura inferior2.Incendio o subida de temperatura exterior en A6003.Fallo en la refrigeración	<ul style="list-style-type: none">-Aumento de temperatura del fluido de entrada-Posibilidad de incendio o explosión debido a las altas temperaturas-Aumento de la presión dentro del sistema-Posibilidad de evaporación del óxido de etileno, aumentando posibilidades de explosión o incendio	<ul style="list-style-type: none">-Revisión periódica del estado de la instrumentación-Disponer de una alarma de altas temperaturas-Disponer de las medidas de seguridad necesarias que eviten el fuego o la explosión-Disponer de controles de temperatura en tanques-Disponer de un medidor de temperatura externo y realizar medidas periódicas-Disponer de cubetos de retención



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MÁS	Presión	1.Fallo de la lectura del sensor de presión del tanque. Lee una presión errónea 2.Cualquiera de los motivos de aumento de temperatura anteriores en A600 3.Aumento caudal entrada a tanque 4.Aumento de la cantidad de gas en tanque debido a evaporación del óxido de etileno	-Aumento de presión del fluido -Posibilidad de aumento de presión en el tanque, llegándolo a deformar o explotar -Posibilidad de incendio o explosión debido a las altas presiones -Aumento de la temperatura dentro del sistema -Posibilidad de evaporación del óxido de etileno, aumentando posibilidades de explosión o incendio	-Revisión periódica del estado de la instrumentación -Disponer de una alarma de altas presiones -Disponer de las medidas de seguridad necesarias que eviten el fuego o la explosión -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel, con su periódica revisión -Disponer de cubetos de retención
MÁS	Caudal entrada fluido	1.Error en las etapas anteriores	-Aumento de presión y su consecuente riesgo de explosión -Probabilidad de llenado máximo de tanque	-Disponer de un sensor de caudal de entrada de óxido de etileno -Disponer de medidas de seguridad necesarias que eviten fuego o explosión -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel, con su periódica revisión -Disponer de cubetos de retención



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MÁS	Caudal de salida	1.Error en el funcionamiento de la carga a cisternas	-Aumento de presión y su consecuente riesgo de explosión - Posibilidad de llenado máximo de cisternas -Posibilidad de fugas o derrames	-Disponer de un sensor de caudal en las salidas -Mantenimiento y revisión de instrumentación -Disponer de medidas de seguridad necesarias que eviten fuego o explosión -Disponer de cubetos de retención
MÁS	Caudal refrigeración	1.Error en servicios 2.Error en válvulas reguladoras	-Menor temperatura en el óxido de etileno	-Mantenimiento servicios
MÁS	Tiempo de operación	1.Error en el proceso	-Retardo en el ciclo productivo -No entrega del producto final a clientes	-Control de proceso -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Disponer de stock de producto final



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MENOS	Temperatura	<p>1.Fallo de la lectura del sensor de temperatura del tanque. Lee una temperatura superior</p> <p>2.Bajada de temperatura exterior en A600</p> <p>3.Error en la refrigeración</p>	<p>-Disminución de temperatura del tanque</p> <p>-Disminución de la presión dentro del sistema</p> <p>-Posibilidad de inundación o nivel máximo en caso de temperaturas muy bajas y se condense el nitrógeno que haya en el tanque</p>	<p>-Revisión periódica del estado de la instrumentación</p> <p>-Disponer de controles de temperatura en tanque</p> <p>-Revisión periódica del material aislante de las tuberías</p> <p>-Mantenimiento y revisión de las válvulas</p> <p>-Disponer de un medidor de temperatura externo y realizar medidas periódicas</p>
MENOS	Presión	<p>1.Fallo de la lectura del sensor de presión del tanque. Lee una presión errónea</p> <p>2.Fallo bomba entrada tanque</p> <p>4.Aumento de pérdida de presión antes de entrada en el tanque</p>	<p>-Disminución de presión del tanque</p> <p>-Posible formación de vacío y consecuente deformación o ruptura de equipos o tuberías</p>	<p>-Revisión periódica del estado de la instrumentación</p> <p>- Disponer de controles de presión en el tanque</p> <p>-Mantenimiento y revisión de las válvulas, bomba y tuberías</p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MENOS	Caudal entrada	1.Error en las etapas anteriores	-Retraso del proceso y entrega de producto final a cliente	-Control, Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Disponer de stock de producto final
MENOS	Caudal refrigeración	1.Error en servicios 2.Error en válvulas reguladoras	-Aumento temperatura tanque -Aumento presión tanque -Evaporación del óxido de etileno -Aumento posibilidad de atmosfera explosiva, incendio o explosión	-Disponer de sensores de caudal en el refrigerante del tanque -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Cierre de entrada de fluido -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel -Disponer de las medidas de seguridad necesarias que eviten el fuego o la explosión
MENOS	Tiempo de operación	1.Errores en el proceso	-Disminución de la pureza del óxido de etileno	-Mantenimiento y revisión de la instrumentación y equipos -Revisar correctamente la puesta en marcha y que el proceso se encuentra en estado estacionario -Disponer de stock de producto final



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
INVERSO	Caudales	1.Fallo válvula antirretorno 2.Instalación de bomba en sentido contrario 3.Error en proceso que aspira el óxido de etileno del tanque hacia allí	-El fluido circula en sentido contrario al flujo de proceso -Posibilidad de acumulación de fluido de proceso en algún equipo -Aumento de riesgos de atmosfera explosiva, inundación, incendio o explosión	-Revisión periódica del estado de las válvulas antirretorno -Revisión de la correcta instalación de los equipos antes de la puesta en marcha
PARTE DE	Fluido de proceso	1.Entrada a tanque de óxido de etileno con menor pureza	-Disminución de la producción deseada -No entrega del producto final a clientes	-Disponer de una alarma de concentración -Realizar muestreos con más frecuencia en caso de sospecha -Disminución de las ventas debido a la disminución de producción -Quemar o vender para otros fines el producto menos puro



		Análisis de riesgos: HAZOP		PLANTA DE PRODUCCIÓN ÓXIDO DE ETILENO
		ÁREA 600 – Almacenaje y zona de carga		EQUIPO: Tanque almacenamiento de nitrógeno ÍTEM: T603
Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Caudal de entrada	1.Falla la válvula de entrada a tanque nitrógeno 2.Cierre de la válvula de entrada debido a un mal control 3.Cisterna de nitrógeno vacía	-No puede seguir cargando nitrógeno	-Disponer de sensor de caudal -Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no poder seguir -Mantenimiento de válvulas y tuberías -Tener stock de válvulas
NO	Aire comprimido	1.Fallada del compresor de aire	-No funcionamiento de válvulas	-Disponer de un indicador de presión en la salida del compresor de aire -Mantenimiento y revisión periódica del compresor de aire y del funcionamiento del sistema de aire comprimido



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Estanqueidad	<p>1.El material de la maquinaria no se encuentra en buenas condiciones debido a la posible corrosión por parte de las sustancias que contiene o condiciones ambientales</p> <p>2.Mala conexión de equipos, tuberías y accesorios</p>	<p>-Aparición de fugas</p> <p>-Posibilidad de parada del proceso</p> <p>-Posibilidad muy alta de formación de nube tóxica o atmosfera explosiva</p>	<p>-Establecer una ventilación general para reducir el nivel del agente químico en el aire. Se trata de una ventilación por dilución.</p> <p>-Revisión periódica de los equipos</p>
NO	Caudal salida	<p>1.Cierre válvulas de salida</p> <p>2.Falta de nitrógeno en tanque</p>	<p>-Posibilidad de formaciones de atmosferas explosivas por planta a falta de inertización</p>	<p>-Disponer de sensores de caudal en la salida del tanque o entrada de nitrógeno a equipos</p> <p>-Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación</p> <p>-Disponer de varios proveedores de nitrógeno</p> <p>-Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel en instalaciones de proceso</p> <p>-Disponer de las medidas de seguridad necesarias que eviten el fuego o la explosión en planta</p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Caudal refrigeración	1.Cierre válvulas de refrigeración 2.Obstrucción de refrigeración 3.Mala operatividad de servicios	-Posibilidad de evaporación de nitrógeno -Aumento volumen nitrógeno -Aumento presión tanque y aumento de riesgo de explosión	-Disponer de sensores de caudal de refrigeración -Disponer de sensores de presión del tanque -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel
MÁS	Temperatura	1.Incendio o subida de temperatura exterior en A600 2.Fallo en refrigeración	-Posibilidad de evaporación de nitrógeno -Aumento volumen nitrógeno -Aumento presión tanque y aumento de riesgo de explosión	-Disponer de sensores de caudal de refrigeración -Disponer de sensores de presión del tanque -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel -Disponer de un medidor de temperatura externo y realizar medidas periódicas



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MÁS	Presión	1. Incendio o subida de temperatura exterior en A600 2. Fallo en refrigeración 3. Evaporación de nitrógeno dentro el tanque	-Aumento volumen nitrógeno -Aumento de riesgo de explosión	-Disponer de sensores de caudal de refrigeración -Disponer de sensores de presión del tanque -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel -Disponer de un medidor de temperatura externo y realizar medidas periódicas
MÁS	Caudal de salida	1. Error en el funcionamiento de la salida	-Aumento de presión y su consecuente riesgo de explosión -Posibilidad de inertización del proceso sin ser necesaria -Posibilidad de mala operatividad en el proceso debido a una inertización extra no necesaria	-Disponer de un sensor de caudal en la salida -Mantenimiento y revisión de instrumentación -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel, con su periódica revisión



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MENOS	Presión	<p>1.Fallo de la lectura del sensor de presión. Lee una presión errónea</p> <p>2.Posible fuga de nitrógeno</p>	<p>-Disminución de presión de tanque</p> <p>-Posible formación de vacío y consecuente deformación o ruptura de equipos o tuberías</p> <p>-Posibilidad de evaporación de nitrógeno</p> <p>-Aumento volumen nitrógeno</p> <p>-Aumento de riesgo de explosión</p>	<p>-Revisión periódica del estado de la instrumentación</p> <p>- Disponer de controles de presión en el tanque</p> <p>-Mantenimiento y revisión de las válvulas, bomba y tuberías</p>
MENOS	Caudal entrada	<p>1.Falta de nitrógeno</p> <p>2.Posibilidad de cisterna vacía</p> <p>3.Fallo válvulas de carga</p>	<p>-No puede seguir cargando nitrógeno</p>	<p>-Disponer de sensor de caudal</p> <p>-Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no poder seguir</p> <p>-Mantenimiento de válvulas y tuberías</p> <p>-Tener stock de válvulas</p>



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MENOS	Caudal salida	1.Posibilidad de tanque vacío 2.Error en las válvulas	-Posibilidad de formaciones de atmosferas explosivas por planta a falta de inertización	-Disponer de sensores de caudal en la salida del tanque o entrada de nitrógeno a equipos -Mantenimiento y revisión de equipos e instrumentación -Disponer de varios proveedores de nitrógeno -Disponer de válvulas de alivio, discos de ruptura y válvulas reguladoras de nivel en instalaciones de proceso -Disponer de las medidas de seguridad necesarias que eviten el fuego o la explosión en planta
INVERSO	Caudales	1.Fallo válvula antirretorno 2.Instalación de bomba o compresor en sentido contrario 3.Se hace el vacío en tanque, los gases se van hacia dentro	-El fluido circula en sentido contrario al flujo de proceso -Posibilidad de acumulación de fluido en tanque -Aumento de presión con posibilidad de explosión	-Revisión periódica del estado de las válvulas antirretorno -Revisión de la correcta instalación de los equipos antes de la puesta en marcha



		Análisis de riesgos: HAZOP		PLANTA DE PRODUCCIÓN ÓXIDO DE ETILENO
		ÁREA 300, 400, 500		EQUIPO: Bombas y compresores ÍTEM: K301a/b, P301a/b, P401a/b, P501a/b
Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Caudal	1.Fallo bomba o compresor 2.Cierre de la válvula de entrada caudal a equipo 3.Fuga en instalaciones anteriores	-Variación operatividad del proceso debido a que falta la llegada de algún fluido -No puede seguir el proceso -Se debe parar el proceso debido a que no se puede seguir -Acumulación de producto y fluidos en los equipos anteriores ya que no se impulsa el fluido al siguiente equipo -Retardo en el proceso, no se pueden entregar producto final a clientes	-Disponer de sensor de caudal -Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no poder seguir -Mantenimiento de válvulas, bombas, compresores y tuberías -Tener stock de válvulas y bombas y compresores -Doblar todas las bombas y compresores



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MENOS	Caudal	1.Fallo bomba o compresor 2.Cierre de la válvula de entrada caudal a equipo 3.Fuga en instalaciones anteriores	-Variación operatividad del proceso debido a que falta la llegada de algún fluido -No puede seguir el proceso -Se debe parar el proceso debido a que no se puede seguir -Acumulación de producto y fluidos en los equipos anteriores ya que no se impulsa el fluido al siguiente equipo -Retardo en el proceso, no se pueden entregar producto final a clientes	-Disponer de sensor de caudal -Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no poder seguir -Mantenimiento de válvulas, bombas, compresores y tuberías -Tener stock de válvulas y bombas y compresores -Doblar todas las bombas y compresores



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
INVERSO	Sentido flujo	1.Fallo válvula antirretorno 2.Fallo bomba o compresor 3.Mala instalación de las bombas o compresores	-Variación operatividad del proceso debido a que falta la llegada de algún fluido -No puede seguir el proceso -Se debe parar el proceso debido a que no se puede seguir -Acumulación de producto y fluidos en los equipos anteriores ya que no se impulsa el fluido al siguiente equipo -Retardo en el proceso, no se pueden entregar producto final a clientes	-Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no poder seguir -Mantenimiento de válvulas, bombas, compresores y tuberías -Tener stock de válvulas y bombas y compresores -Doblar todas las bombas y compresores



		Análisis de riesgos: HAZOP		PLANTA DE PRODUCCIÓN ÓXIDO DE ETILENO
		ÁREA 300, 400, 500		EQUIPO: Intercambiadores ÍTEM: H301a/b, H302a/b, H401a/b, H501a/b, H502a/b
Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Caudal de entrada fluido a calentar o enfriar	1.Falla la válvula de entrada intercambiador o fallo válvula salida equipo anterior 2.Fallo sistema de bombeo 3.Fuga en instalaciones	-El intercambio de calor no se produce ya que no hay fluido que enfriar o calentar -Se debe parar el proceso debido a que no se puede seguir	-Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no poder seguir -Mantenimiento de equipos, instrumentos y tuberías -Tener stock de válvulas, bombas y compresores -Doblar todas las bombas y compresores -Disponer de alarmas de temperatura
NO	Caudal de servicios	1.Fallo válvulas de regulación caudal servicios 2.Desgaste de tubería con posible fuga 3.Error en el área de servicios	-No se produce intercambio de calor -Variación operatividad de proceso -Posibilidad de aumento de riesgos debido a altas temperaturas o estar fuera de condiciones de operación	-Mantenimiento y revisión de la zona de servicios, válvulas y tuberías -Mantenimiento del recubrimiento aislante de las tuberías -Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no poder seguir



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
NO	Caudal salida fluido a calentar o enfriar	1.Fallo válvula salida del equipo 2.Fallo bombeo (falla la bomba de vaciado del equipo) 3.Equipo vacío porque no hay caudal de entrada	-Afectación al ciclo productivo debido a que no llega fluido de proceso -Posible cavitación de la bomba (en el caso que haya)	-Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no poder seguir -Mantenimiento de equipos, instrumentos y tuberías -Tener stock de válvulas, bombas y compresores -Doblar todas las bombas y compresores
MÁS	Temperatura	1.Error en los equipos de servicios 2.Aumento o disminución de caudales tanto de fluido de proceso como de fluido de servicio	-Variación de condiciones del fluido de proceso -Posibilidad de tener que parar la producción	Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no poder seguir -Mantenimiento de equipos, instrumentos y tuberías
MÁS	Presión	1.Error en los equipos de servicios 2.Aumento o disminución de caudales tanto de fluido de proceso como de fluido de servicio	-Variación de condiciones del fluido de proceso -Posibilidad de tener que parar la producción	-Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no poder seguir -Mantenimiento de equipos, instrumentos y tuberías



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
MÁS	Caudal de servicios	1.Fallo válvula reguladora de caudal de servicios 2.Fallo en equipos de servicios, proporcionando mayor caudal	-Variación de condiciones del fluido de proceso -Posibilidad de tener que parar la producción	-Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no poder seguir -Mantenimiento de equipos, instrumentos y tuberías
MENOS	Temperatura	1.Error en los equipos de servicios 2.Aumento o disminución de caudales tanto de fluido de proceso como de fluido de servicio	-Variación de condiciones del fluido de proceso -Posibilidad de tener que parar la producción	Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no poder seguir -Mantenimiento de equipos, instrumentos y tuberías
MENOS	Presión	1.Error en los equipos de servicios 2.Aumento o disminución de caudales tanto de fluido de proceso como de fluido de servicio	-Variación de condiciones del fluido de proceso -Posibilidad de tener que parar la producción	Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no poder seguir -Mantenimiento de equipos, instrumentos y tuberías
MENOS	Caudal de servicios	1.Fallo válvula reguladora de caudal de servicios 2.Fallo en equipos de servicios, proporcionando menor caudal	-Variación de condiciones del fluido de proceso -Posibilidad de tener que parar la producción	-Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no poder seguir -Mantenimiento de equipos, instrumentos y tuberías



Palabra guía (desviación)	Variable	Causas	Consecuencias	Acción correctora
ADEMÁS DE	Impurezas en el fluido de servicios	1.Error en los equipos de servicios 2.Mal estado de algún equipo o tubería que hace que arrastre suciedad e impurezas	-Rendimiento del intercambiador se ve afectado de forma negativa -Variación de condiciones del fluido de proceso -Posibilidad de tener que parar la producción	-Iniciar parada de emergencia del proceso en caso de no poder seguir -Mantenimiento de equipos, instrumentos y tuberías -Localizar la fuente de las impurezas y realizar un servicio de mantenimiento o sustitución



5.18. Bibliografía

- (1) Institut Valencià de Seguretat i Salut en el Treball INVASSAT (*Fecha de consulta: 04/06/2020*)
<http://www.invassat.gva.es/documents/161660384/169577897/MB36-140602+Riesgos+espec%C3%ADficos+y+su+prevenci%C3%B3n+en+el+sector+qu%C3%ADmico/b5bfd943-19a2-4854-88d9-07749a1a3b12>
- (2) El portal de la coordinación empresarial (*Fecha de consulta: 04/06/2020*)
<https://www.coordinacionempresarial.com/tipos-de-riesgos-laborales/>
Salud Castilla y León (*Fecha de consulta: 04/06/2020*)
<https://www.saludcastillayleon.es/es/saludjoven/salud-laboral/1-riesgos-puedo-encontrar-trabajo/1-2-riesgos-fisicos>
- (3) Peligrosidad sísmica según el Instituto Geográfico Nacional (*Fecha de consulta: 04/06/2020*) https://www.ign.es/espmap/mapas_riesgos_bach/Riesg_Mapa_03.htm
- (4) Atlas sísmico según el Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (*Fecha de consulta: 04/06/2020*) <https://www.icgc.cat/es/Ciudadano/Explora-Cataluna/Atlas/Atlas-sismico-de-Catalunya>
- (5) Evaluación de riesgo sísmico según el Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (*Fecha de consulta: 04/06/2020*)
<https://www.icgc.cat/es/Administracion-y-empresa/Descargas/Cartografia-geologica-y-geotematica/Mapas-geofisicos-y-sismicos/Evaluacion-del-riesgo-sisimico>
- (6) Cartografía de las inundaciones (*Fecha de consulta: 04/06/2020*)
<http://www.floodup.ub.edu/gestion-del-riesgo/>
- (7) Verdugo, David: *Módulo de riesgos laborales industriales y medioambientales, Riesgo de inundación*. EOI Máster en Ingeniería y Gestión Ambiental, 2008.
- (8) Información sobre sustancias químicas (*Fecha de consulta 05/06/2020*)
<https://concepto.de/sustancias-quimicas/>
- (9) Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (*Fecha de consulta: 05/06/2020*)
https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_635.pdf/d21b42fc-3672-41e4-8498-44678fd72e11



- (10) Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (*Fecha de consulta: 05/06/2020*)
https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_635.pdf/d21b42fc-3672-41e4-8498-44678fd72e11
- (11) Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (*Fecha de consulta: 05/06/2020*)
<https://www.insst.es/fisq>
- (12) Información señalización (*Fecha de consulta: 05/06/2020*)
<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8668>
- (13) Soler Prevención (*Fecha de consulta: 06/06/2020*)
<https://www.solerprevencion.com/instalacion/tipos-de-extintores-incendio/>
El Economista (*Fecha de consulta: 06/06/2020*)
<https://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/9715227/02/19/Sistema-de-proteccion-de-incendios-reglamentos-seguridad-y-como-funcionan.html>
- (14) Torrex Sistemas de seguridad S.L.U. (*Fecha de consulta: 06/06/2020*)
<http://www.torrex.es/>
Cuadernos de seguridad (*Fecha de consulta: 06/06/2020*)
<https://cuadernosdeseguridad.com/2018/05/15511/>
Firext Sistemas de Extinción (*Fecha de consulta: 06/06/2020*)
[https://www.firext.es/servicios/sistemas-de-extincion-de-incendios/#:~:text=Los%20sistemas%20de%20extinci%C3%B3n%20de%20incendios%20consisten%20en%20ser%20un,hidrantes%20o%20columna%20seca\)%20o](https://www.firext.es/servicios/sistemas-de-extincion-de-incendios/#:~:text=Los%20sistemas%20de%20extinci%C3%B3n%20de%20incendios%20consisten%20en%20ser%20un,hidrantes%20o%20columna%20seca)%20o)
Oo
Enginyers BCN (*Fecha de consulta: 06/06/2020*)
https://www.enginyersbcn.cat/media/upload/fitxes_manuals/Fitxa_2.2_Bocas_de_incendios equipadas Manuel Carrasco.pdf
- (15) Atmosferas Explosivas (*Fecha de consulta: 07/06/2020*)
<http://www.atmosferasexplosivas.com/index.php/que-es-una-atmosfera-atex>
- (16) Entrevista (*Fecha de consulta: 07/06/2020*):
<http://www.denios.es/competencias-y-valor-anadido/ayuda-y-faqs/atex-extremadamente-seguro/>



- (17) Ministerio de Empleo y Seguridad Social. Iluminación en el puesto de trabajo
(Fecha de consulta: 07/06/2020)
<https://www.insst.es/documents/94886/96076/Iluminacion+en+el+puesto+de+trabajo/9f9299b8-ec3c-449e-81af-2f178848fd0a>
- (18) Riesgos laborales y Salud laboral (Fecha de consulta: 07/06/2020)
<https://riesgoslaborales.saludlaboral.org/portal-preventivo/riesgos-laborales/riesgos-relacionados-con-la-seguridad-en-el-trabajo/electricidad/>
- (19) Información sobre EPI's (Fecha de consulta: 07/06/2020)
<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>
https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/ES/Safety/EyeProtection_ES.htm
<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-12735>
- (20) Información para realizar la evaluación de riesgos (Fecha de consulta: 09/06/2020)
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/18520/ANEXO%20I.William%20T.Fine.PDF?sequence=3&isAllowed=y>
http://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos_cualitativos/cuali_215.htm

González González, Inés: *Seguretat del treball 2. Especialització*. Codi: PID_00145291, Apunts de màster en prevenció de riscos laborals. Universitat Oberta de Catalunya (UOC). 2012, Catalunya.

Beumala Herrera, Montserrat: *Millora del sistema preventiu d'una empresa cosmética*. Treball Final de Màster. Universitat Oberta de Catalunya (UOC). 2012, Catalunya.