

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ETILBENCENO

GRADO DE INGENIERÍA QUÍMICA



Irene Benítez

Antonio Funes

Eduardo Larrousse

María Lozano

Arnau Maestre

Joel Méndez

Judith Royo

Curso 2022/2023
Tutor: Josep A. Torá

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ETILBENCENO

CAPÍTULO V: SEGURIDAD E HIGIENE



Irene Benítez

Antonio Funes

Eduardo Larrousse

María Lozano

Arnau Maestre

Joel Méndez

Judith Royo

Curso 2022/2023
Tutor: Josep A. Torá

ÍNDICE

5.1. Introducción	5
5.2. Principales riesgos y antecedentes en la industria	5
5.2.1. Riesgo de incendio	5
5.2.2. Riesgo de emisión	7
5.2.3. Riesgo de explosión	7
5.2.4. Riesgo eléctrico	10
5.2.5. Riesgos laborales	11
5.3. Sustancias químicas	12
5.3.1. Clasificación general de las sustancias químicas	12
5.3.2. Clasificación de las sustancias químicas presentes	17
5.3.3. Envasado y etiquetado de las sustancias químicas	17
5.3.4. Fichas de seguridad	18
5.4. Almacenamiento de las sustancias	20
5.4.1. Normativa de almacenamiento	20
5.4.2. Plan de revisiones	21
5.5. Señalización	21
5.5.1. Introducción	21
5.5.2. Tipos de señales	22
5.5.2.1. Colores de seguridad	22
5.5.2.2. Señales en forma de panel	22
5.5.2.3. Luminosas y acústicas	25
5.5.2.4. Comunicaciones verbales	26
5.5.2.5. Señales gestuales	27
5.5.3. Disposiciones mínimas relativas a diversas señalizaciones	30
5.6. Protección contra incendios	32
5.6.1. Factores que producen la generación de fuego	32
5.6.2. Clasificación de los incendios	33
5.6.3. Clasificación de las áreas de una planta industrial	33
5.6.3.1. Establecimientos industriales según la ubicación de un edificio	33
5.6.3.2. Clasificación de las áreas de la planta	36
5.6.5. Características según el nivel de riesgo intrínseco	36
5.6.6. Medidas de protección contra incendio	39
5.6.6.1. Protección activa	39
5.6.6.2. Cálculo necesidades de agua contra incendio	45
5.6.6.3. Protección pasiva contra incendios	46

5.6.7. Plano de protección contra incendios en la planta	47
5.7. Primeros auxilios	47
5.7.1. Significado de P.A.S.	48
5.7.2. Principios generales	48
5.7.3. Materiales de primeros auxilios	49
5.8. Plan de emergencia interno	49
5.8.1. Estructura del plan de emergencia	50
5.8.2. Implementación del plan de emergencia	51
5.8.3. Actualización y revisión del plan	51
5.8.4. Activación del plan de emergencia	52
5.8.5. Medidas de protección para la población	52
5.9. Protección contra explosiones	53
5.9.1. Clasificación de las explosiones	53
5.9.2. Clasificación de las áreas según el riesgo de explosión	54
5.9.3. Clasificación en exteriores	54
5.9.4. Acción de extinción	57
5.9.5. Detectores de atmósferas explosivas	58
5.9.6. Protección contra explosiones	58
5.10. Análisis de riesgos	59
5. Bibliografía	92

5.1. Introducción

En este capítulo se explican las medidas implementadas de seguridad y salud de la planta química, minimizando el riesgo de ella. Para ello es importante conocer las sustancias y las instalaciones en las cuales se trabaja.

Actualmente la seguridad de una planta química es una de las partes más importantes, ya que los accidentes en ellas no son muy frecuentes y tienen graves consecuencias cuando estos suceden. Por lo tanto, es importante analizar los riesgos e implementar medidas con tal de eliminarlos o reducirlos.

5.2. Principales riesgos y antecedentes en la industria

Los principales riesgos que se pueden encontrar en la industria química son: riesgo de incendio, de emisión, de explosión, eléctrico y riesgos laborales. A continuación, se explican las características de estos y sus medidas para prevenirlos o minimizarlos.

5.2.1. Riesgo de incendio

Un incendio es una reacción química de oxidación- reducción fuertemente exotérmica, siendo los reactivos el oxidante y el reductor, en este caso al reductor se le denomina combustible y al oxidante comburente. Cuando se produce la reacción de combustión, parte de la energía que se desprende se disipa en el ambiente produciendo efectos térmicos y la otra calienta más a los reactivos. Una vez la energía es igual o superior a la necesaria, el proceso sigue si aún hay reactivos, formando lo que se denomina una reacción en cadena.

Para que un incendio se produzca tienen que coexistir tres factores que son el combustible, comburente y el foco de ignición que conforman el “triángulo de fuego”. Para que el incendio progrese la energía que se desprende tiene que ser suficiente para producir la reacción en cadena. Cuando coexisten estos cuatro factores se denomina el “tetraedro del fuego”

Según la “NTP 599: Evaluación del riesgo de incendio” ^[1] el riesgo de accidente se determina por dos factores clave: los daños que pueda ocasionar y la probabilidad de materializarse.

Por lo tanto, el nivel de riesgo de incendio (NRI) se debe analizar la probabilidad de inicio del incendio y las consecuencias a las cuales derivan. Para el cálculo de él se debe multiplicar ambos factores.

Para estudiar la probabilidad de un incendio, a continuación, se muestra una lista de los aspectos principales para tener en cuenta:

- **Combustible:** En este caso para líquidos y gases inflamables, es fundamental conocer la concentración combustible-aire para la ignición (límite de inflamabilidad) y la energía de activación. Algunos aspectos para controlar este son:
 - Sustitución del combustible por otra sustancia que no lo sea o lo sea, pero de menor grado.
 - Dilución o mezcla del combustible con otra sustancia que aumente su temperatura de inflamación.
 - Condiciones de almacenamiento: Recipientes; únicamente almacenar la cantidad necesaria de combustible; mantenimiento para evitar fugas y goteos.
 - Ventilación general y/o localizada.
 - Control y eliminación de residuos.
 - Orden y limpieza.
 - Señalización adecuada.
- **Foco de ignición:** Los focos de ignición son los que aportan la energía de activación para que se produzca la reacción. Para un buen control es importante realizar unas revisiones periódicas, para garantizar la pervivencia en el tiempo de la situación aceptable y que únicamente realicen los procedimientos en los cuales se impliquen energías de activación, personas autorizadas que han estado previamente formadas para dichas operaciones.

Para analizar las consecuencias y poderlas minimizar, podemos dividir las medidas de protección pasiva y medidas de protección activa y estas se explican a continuación.

- Las medidas de protección pasiva son aquellas que no actúan directamente sobre el fuego, pero dificultan o evitan las consecuencias de su propagación.
 - Ubicación de la empresa en relación con el entorno.
 - Situación, distribución y características de los combustibles.
 - Características de los elementos constructivos: estabilidad del fuego, parallamas y resistencia al fuego.
 - Exutorios.
 - Exigencias de comportamiento ante el fuego de los materiales.

- Las medidas de protección activa son las que luchan contra el incendio.
 - Medidas de detección de incendios.
 - Transmisión de la alarma.
 - Medidas de lucha contra incendios (extintores, BIE, etc.).
 - Plan de emergencia.

5.2.2. Riesgo de emisión

Como se ha mencionado anteriormente, para que se produzca un incendio y/o explosión, debe ser participe un foco de ignición, es decir, una emisión. Estas pueden derivarse de distintas naturalezas y es importante tener en cuenta sus aspectos principales:

- **Emisión térmica:** las condiciones térmicas ambientales, las operaciones de soldadura, las máquinas a motor de combustión, los rayos solares, etc.
- **Emisión eléctrica:** las sobrecargas, las descargas eléctricas ambientales, las chispas debidas a interruptores, cortocircuitos, etc.
- **Emisión mecánica:** las herramientas que puedan producir chispas, los roces mecánicos, etc.
- **Emisión química:** las sustancias reactivas, las reacciones exotérmicas, las sustancias auto oxidables, etc.

5.2.3. Riesgo de explosión

Las explosiones también son uno de los principales riesgos que se puede encontrar en una planta química. Estas pueden ser originadas como consecuencia del fuego, es decir, un incendio o a partir de una atmósfera explosiva. Las medidas para evitar el fuego han sido mencionadas anteriormente, por lo tanto, en este capítulo se explican las principales medidas para evitar las explosiones y la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores en atmósferas explosivas.

Según el Real decreto 681/2003^[2], se entiende como atmósfera explosiva la mezcla con el aire, en condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables en forma de gases, vapores o polvo, en que después de una ignición, la combustión se propaga a toda la mezcla no quemada.

Para evaluar el riesgo de explosión se deberán analizar riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas, por ejemplo, la probabilidad de formación y duración de estas; y seguir una clasificación por zonas de las áreas donde se pueden formar. El Real decreto considera área de riesgo aquella que en una determinada cantidad sea necesario adoptar precauciones especiales para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores afectados. La clasificación de estas se muestra en la *tabla 1*.

Tabla 1: Zonas de área de trabajo

ZONAS	DESCRIPCIÓN ÁREA DE TRABAJO
Zona 0	Presencia de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables de manera permanente o tiempo prolongado o frecuencia.
Zona 1	En condiciones normales de explosión, es probable la formación ocasional de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables.
Zona 2	En condiciones normales de explosión, no es probable la formación de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables donde en el caso de formarse la atmósfera explosiva sólo durante un periodo de tiempo corto.
Zona 20	Presencia de una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible al aire de forma permanente o un periodo de tiempo prolongado.
Zona 21	En condiciones normales de explosión, es probable la formación ocasional en una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible al aire.
Zona 22	En condiciones normales de explosión, es probable la formación de una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible al aire o en el caso de formarse solo dura un periodo de tiempo corto.

Serán en estas áreas en las cuales se deben de aplicar unas medidas preventivas para impedir la formación de atmósferas explosivas o evitar la ignición de ellas y así minimizar los efectos de la explosión. En este caso encontramos medidas organizativas que exigen una formación a los trabajadores que sean instrucciones por escrito y permisos de trabajo. También encontramos medidas de protección de las cuales de destacan estas:

- Los escapes que puedan ocasionar riesgo de explosión deben de ser desviados a un lugar seguro, si no es viable, se debe contener o controlar con seguridad con otros métodos.
- Las instalaciones, aparatos, sistemas de protección y sus dispositivos de conexión correspondientes solo se pueden poner en funcionamiento si el documento de protección contra explosiones indica que se puede hacer servir con seguridad en una atmósfera explosiva.
- Se deben tomar todas las medidas necesarias para asegurar que los lugares de trabajo, dispositivos y equipos que están a disposición de los trabajadores, han estado diseñados, instalados de manera que se reduce al máximo el riesgo de explosión; o en el caso de que producirse alguna se controle o se reduzca al máximo la propagación en el lugar o equipo de trabajo.
- Si hace falta, se debe alertar a los trabajadores mediante la emisión de señales ópticas y/o acústicas de alarmas y se deben desalojar antes de que ocurran las condiciones de explosión.
- Si el documento de protección contra explosiones lo exige, se deben disponer de salidas de emergencia.
- En áreas donde se puedan formar atmósferas explosivas, se debe verificar la seguridad general contra explosiones y su señalización correspondiente que se muestra a continuación en la *figura 1*.



Figura 1: Señal de atmósfera explosiva

5.2.4. Riesgo eléctrico

El riesgo eléctrico es el originado por la energía eléctrica, de acuerdo con el Real Decreto 614/2001^[3] sobre las disposiciones mínimas para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, quedan incluidos dentro del sector, los choques eléctricos por contacto con elementos de tensión o con masas puestas accidentalmente en tensión, las quemaduras por choque eléctrico o arco eléctrico, las caídas o golpes consecuentes a choques eléctricos y los incendios o explosiones originados por la electricidad.

Para su obligado cumplimiento, se deberán tomar medidas preventivas diferenciándose según las dos maneras de trabajar en una instalación eléctrica.

Las operaciones y maniobras para dejar sin tensión una instalación, es decir, antes de iniciar “trabajos sin tensión” se deben desarrollar una vez se certifique que hay “supresión de la tensión”. Para ello se deben poner en marcha las medidas necesarias de seguridad para mantener la instalación sin tensión. Podemos dividir las en cinco etapas:

- Desconectar.
- Prevenir cualquier posible realimentación.
- Verificar la ausencia de tensión.
- Poner a tierra y en cortocircuito.
- Proteger frente a elementos próximos en tensión, en su caso, y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo.

Hasta que no se hayan cumplido las cinco etapas no podrá autorizarse el inicio de trabajo sin tensión y se considerará en tensión la parte de la instalación afectada.

En cambio, para trabajos en tensión, existen diversas medidas de obligado cumplimiento para minimizar el riesgo eléctrico, entre ellas de destacan:

- Los trabajos en tensión deben ser realizados por trabajadores cualificados siguiendo un procedimiento que se ajuste a los requisitos indicados.
- Los equipos y materiales utilizados deberán asegurar la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico garantizando que no pueda contactar accidentalmente con cualquier elemento a potencial distinto al suyo. Entre los equipos y materiales encontramos los accesorios aislantes para el recubrimiento de partes activas, las herramientas aislantes, la protección individual (guantes, gafas, cascos, etc.), los dispositivos aislantes (banquetas, plataformas de trabajo, etc.).

- Los trabajadores deberán disponer de un apoyo sólido y estable, que les permita tener las manos libres, y de una iluminación que les permitan realizar su trabajo en condiciones de visibilidad adecuadas.
- La zona de trabajo deberá señalizarse y/o delimitarse, siempre que exista la posibilidad de que otros trabajadores o personas puedan acceder a ella exponiéndose a elementos en tensión.
- Para trabajos al aire libre se deberán tener en cuenta las posibles condiciones ambientales de forma que el trabajador quede protegido o sino suspender o prohibir su trabajo frente a esas condiciones.

5.2.5. Riesgos laborales

Riesgos laborales o ergonómicos se entiende como aquellas condiciones de trabajo que pueden ocasionar lesiones, físicas o mentales a los trabajadores. Estas pueden estar relacionadas con factores ambientales (iluminación, efectos térmicos, ruido, vibraciones, etc.) o factores asociados a la carga de trabajo. Estos último podemos clasificarlo y analizarlo por:

- Postura de trabajo: Conocer la frecuencia de movimientos, la duración de la postura, las posturas de segmentos determinados, es decir, el tronco, cuello, extremidades, etc.
- Los trabajos repetitivos: El uso de la fuerza, la adopción de posturas o movimientos forzados, los tiempos de recuperación, la duración del trabajo, etc.
- La manipulación manual de cargas.
- Carga mental.

A continuación, se expone una lista de medidas preventivas para reducir los riesgos mencionados anteriormente:

- Adaptar los puestos para que la carga de trabajo sea la adecuada para cada trabajador.
- Adaptar las características físicas y ambientales a las necesidades y características del trabajador (altura de los planos de trabajo, espacios, condiciones termohigrométricas, etc.)
- Adoptar un ritmo de trabajo aceptable, que no supere los límites biomecánicos, fisiológicos y psicofísicos.
- Tiempos de trabajo y reposo.
- Evitar repeticiones de tareas para tiempos superiores a 30 minutos.
- Formaciones a los trabajadores para evitar posturas forzadas o sobreesfuerzos.

- Revisiones médicas periódicas para los trabajadores.

Todos los datos referidos a riesgos laborales se encuentran en INSST^[4].

5.3. Sustancias químicas

En esta planta se trabaja con diferentes sustancias químicas, con diferentes grados de peligrosidad, por lo tanto, es necesario tenerlas detalladas y clasificadas para que se puedan utilizar de manera segura y poder aplicar las medidas de seguridad adecuadas.

Es fundamental que los trabajadores estén informados y formados sobre las especificaciones de seguridad que deben cumplir estas sustancias, los residuos que puedan generar y la correcta utilización, manipulación y almacenamiento de estos. Respecto a estos productos, la información sobre sus peligros y riesgos han sido recogidos por sus fichas de seguridad y sus etiquetas.

La planta de producción de etilbenceno contiene las sustancias siguientes:

- Reactivos: Benceno y etileno.
- Producto: Etilbenceno.
- Otros compuestos: Metano, etano, tolueno, dietilbenceno y polietilbenceno, propileno.
- Catalizador

5.3.1. Clasificación general de las sustancias químicas

El Reglamento (CE) nº1272/2008^[6] recoge la clasificación, envasado y etiquetado de sustancias químicas peligrosas, para identificar e informar a las empresas/ personas usuarias sobre estos peligros.

Los peligros de los productos químicos se comunican a través de indicaciones y pictogramas normalizados en las etiquetas y las hojas de seguridad. Estos pictogramas van enmarcados en rojo como se muestra en la *figura 2*.



Figura 2: Pictogramas

Las sustancias químicas se pueden clasificar en tres grandes grupos según el peligro que pueden causar:

- **Peligros fisicoquímicos:** Nos informan del comportamiento del material delante de diferentes acciones externas.
- **Peligros para la salud:** Dan información para determinar ciertos riesgos que tienen determinadas sustancias sobre la salud de los trabajadores.
- **Peligro para el medio ambiente.**

A continuación, se muestran los subgrupos de cada grupo, con sus definiciones, características importantes y pictogramas.

PELIGROS FÍSICO-QUÍMICOS

- EXPLOSIVAS

Sustancia sólida o líquida que, de manera espontánea, por reacción química, pueden desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que pueden ocasionar daños a su entorno.



Figura 3: Pictograma de sustancia explosiva

- GASES A PRESIÓN

Son gases comprimidos contenidos en recipientes a presión de 200 kPa o superior o que están licuados. Se diferencian según si comporta un riesgo de explosión o por un peligro de quemaduras por su baja temperatura de almacenamiento.



Figura 4: Pictograma de gases a presión

- INFLAMABLES

La inflamabilidad indica la facilidad de que una sustancia o mezcla, sea capaz de inflamarse a diferentes temperaturas y presiones. En función de su grado de inflamabilidad se pueden clasificar en tres categorías:

- Categoría 1: Extremadamente inflamables
- Categoría 2: Muy inflamables
- Categoría 3: Inflamables



Figura 5: Pictograma de sustancia inflamable

- COMBURENTES

Son sustancias que, en contacto con otras, particularmente con inflamables, producen una reacción exotérmica. Se pueden agrupar según sus características físicas en gases, líquidos y sólidos.

- Gases comburentes: Generalmente liberando oxígeno, pueden provocar la combustión de otras sustancias en mayor medida con el aire.
- Líquidos comburentes: Sin necesidad de ser combustibles en sí, pueden desprender oxígeno y provocar o favorecer la combustión de otros materiales.
- Sólidos comburentes: Sustancias o mezcla de sólidos que, sin ser necesariamente combustibles, pueden desprender oxígeno y provocar la combustión con otras sustancias.



Figura 6: Pictograma de sustancia comburente

Los gases comburentes se consideran de categoría 1, mientras que los líquidos y sólidos pueden ser de categorías 1,2,3; siendo categoría 1 la más peligrosa ya que pueden provocar incendios y/o explosiones, y categoría 2 y 3, sustancias que pueden agravar un incendio por ser materiales comburentes.

PELIGROS PARA LA SALUD

- TOXICIDAD ^[7]

La toxicidad se asocia a las sustancias que por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades pueden provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte. El grado de toxicidad se determina a partir de los valores de la dosis letal (DL50) y de la concentración letal (CL50), que es la dosis que debe tener la sustancia para matar a la mitad de la población animal, después de un tiempo determinado. En la *tabla 2* se encuentran las categorías de la toxicidad por vía oral, vía cutánea y por inhalación.

Tabla 2: Categorías de toxicidad

Categoría	DL50 Vía oral [mg/kg]	DL50 Vía cutánea [mg/kg]	CL50 Inhalación por vapores [mg/L]	CL50 Inhalación por partículas [mg/L]
1	<5	<5	<0.5	<0.05
2	5-50	50-200	0.5-2	0.05-0.5
3	50-300	200-1000	2-10	0.5-1
4	300-2000	1000-2000	10-20	1-5



Figura 7: Pictograma de sustancia tóxica

- CORROSIÓN

Las sustancias corrosivas (categoría 1), son las que son capaces de general la aparición de lesiones irreversibles en la piel, como consecuencia de su aplicación en un periodo de hasta 4 horas.



Figura 8: Pictograma de sustancia corrosiva

- **ADVERTENCIA**

Este tipo de pictograma informa de que un producto o material puede provocar irritaciones o algunos síntomas nocivos para la salud de las personas que se exponen. Existen varias categorías:

- **Categoría 1:** Provoca síntomas de enfermedades, alergias, etc.
- **Categoría 2:** Provoca irritaciones graves.
- **Categoría 3:** Provoca efectos nocivos específicos como irritación gastrointestinal cuando se ingiere.
- **Categoría 4:** Provoca efectos nocivos en contacto con la piel o por ingesta.



Figura 9: Pictograma de emergencia

- **CANCERÍGENO**

Son las sustancias químicas que pueden producir efectos genéticos hereditarios o aumentar su frecuencia. Provocan un aumento en la frecuencia de mutaciones en las poblaciones o en los organismos.



Figura 10: Pictograma de sustancia cancerígena

PELIGRO PARA EL MEDIO AMBIENTE

Las sustancias o mezclas que presentan o pueden presentar un peligro inmediato o en un futuro para los componentes del medio ambiente^[8]. Existen dos categorías:

- Peligro para el medio ambiente agudo: Exposición de corta duración.
- Peligro para el medio ambiente crónico: Exposiciones determinadas en relación con el ciclo de vida del organismo.



Figura 11: Pictograma de peligro para el medio ambiente

5.3.2. Clasificación de las sustancias químicas presentes

Una vez se ha explicado la clasificación de las sustancias químicas, en la *tabla 3* podemos observar la clasificación de las sustancias presentes en la planta de producción de Etilbenceno.

Tabla 3: Clasificación de las sustancias

SUSTANCIA	CATEGORÍA
Benceno	Inflamables (categoría 2) Irritante (Advertencia) Cancerígeno
Etileno	Inflamable (categoría 2) Gas a presión Irritante (Advertencia)
Etilbenceno	Inflamable (categoría 2) Irritante Cancerígeno
Tolueno	Inflamables (categoría 2) Irritante (Advertencia) Cancerígeno
Etano	Inflamable (categoría 1) Gas a presión
Metano	Inflamable (categoría 1) Gas a presión
Propileno	Inflamable Gas a presión

5.3.3. Envasado y etiquetado de las sustancias químicas

La clasificación, el envasado y el etiquetado de los preparados peligrosos, es algo que se debe conocer y seguir con tal de cumplir la normativa española y europea. En el Real Decreto 255/2003^[9] encontramos las reglas vigentes con la finalidad de evitar y reducir los posibles accidentes y peligros. Ser conocedor del etiquetado, también sirve para controlar y conocer el tipo de sustancias con las que se trabaja.

Las condiciones que han de seguir los envasados de las sustancias químicas para que puedan ser comercializados son las siguientes:

- Están diseñados y fabricados de manera que no sea posible las pérdidas de su contenido.
- Los materiales con los que deben ser envasados y cerrados no podrán ser atacados por el contenido ni formar combinaciones peligrosas
- Los envasados y los cierros deberán ser todas sus partes fuertes y sólidas con la finalidad de impedir holguras y responder de manera fiable a las exigencias normales de manipulación.
- Los recipientes con un sistema de cierre reutilizable habrán de estar diseñados de forma que pueda cerrarse el envase varias veces sin pérdida de su contenido.

Las indicaciones que debe tener el etiquetado de los envases de las sustancias químicas peligrosas, según el Artículo 10 son las siguientes:

- La denominación o nombre comercial del preparado.
- El nombre, dirección completa y número de teléfono de la persona que, decidida por la Unión Europea, sea responsable de la comercialización del preparado, ya sea el fabricante, el importador o el distribuidor.
- La denominación química de la sustancia o sustancias presentes en el preparado.
- Símbolos e indicaciones de peligros.
- Frases de riesgo (frases R), por regla general, un máximo de seis será suficientes para describirlos o también, las frases de indicación de peligro (H), que permiten identificar y complementar información de riesgos mediante la descripción de tipo de peligro.
- Consejos de prudencia (frases S), bastará con un máximo de seis frases, o también recomendaciones para la adopción de medidas que reduzcan sus efectos adversos causados por su exposición a un producto peligroso.
- Cantidad nominal del contenido para los preparados vendidos al público en general.
- Número de registro CE en el caso de estar asignado.

5.3.4. Fichas de seguridad

Las fichas de seguridad recopilan de forma clara la información esencial de higiene y seguridad de sustancias químicas. El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), prepara una primera versión de las fichas a partir de la información disponible y recoge toda la información significativa.

Posteriormente, se revisan por expertos y se tienen en cuenta los comentarios recibidos por los fabricantes, representantes de los trabajadores y los centros de primeros auxilios ^[10].

La información que se da en una ficha de seguridad es la siguiente:

- 1) Identificación de la sustancia o preparado.
- 2) Composición e información sobre los componentes.
- 3) Identificación de los peligros.
- 4) Primeros auxilios.
- 5) Medidas preventivas o que se deban tener en caso de ingestión, inhalación, contacto con los ojos y contacto con la piel.
- 6) Medidas de lucha contra incendios.
- 7) Medidas en caso de vertido accidental.
- 8) Manipulación y almacenaje.
- 9) Control de exposición y protección individual.
- 10) Propiedades físicas y químicas.
- 11) Estabilidad y reactividad.
- 12) Informaciones toxicológicas.
- 13) Informaciones ecológicas.
- 14) Consideraciones relativas de eliminación.
- 15) Informaciones reglamentarias.
- 16) Información relativa al transporte.
- 17) Otras informaciones.

En el capítulo XIII se encuentran todas las fichas de seguridad que se han consultado y aplicado a lo largo de todo el proceso.

5.4. Almacenamiento de las sustancias

En este apartado se detallan todas las condiciones de almacenamiento de la planta industrial. Es importante aplicar la normativa correspondiente para garantizar la seguridad y la prevención de riesgos laborales e industriales.

El Real Decreto 656/2017 ^[12] indica el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. La finalidad de este reglamento es incrementar la seguridad de las instalaciones de almacenaje de productos químicos peligrosos como objetivo evitar daños a personas, bienes y medio ambiente.

Esta normativa debe ser aplicada juntamente con la MIE-APQ-1 ^[10] siempre que no se oponga al Reglamento. Esta última nos indica la normativa a seguir en el almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles en recipientes fijos.

5.4.1. Normativa de almacenamiento

La zona de almacenamiento tanto la de benceno como la de etilbenceno debe de estar alejadas de las unidades de proceso y servicio, oficinas, propiedades, edificios públicos y zona de riesgo de incendios. La zona debe de estar ventilada de forma natural y no puede contener materiales combustibles.

El material escogido para los tanques de almacenamiento es el acero inoxidable 304L, ya que es un tipo de acero resistente a la oxidación y a la corrosión atmosférica y tendrán capacidad de producción de hasta tres días.

También contaremos con controles de nivel en cada tanque que avise cuando el depósito está lleno en su capacidad útil para evitar fugas o vertidos, pero también avisar que cuando el tanque se quede vacío, ya que comportaría que la bomba en vez de absorber líquido absorbiera aire provocando que cavite.

Los cubetos de retención deben de tener el suelo pavimentado y un poco inclinado. El área debe de estar rodeada de muros de altura que no supere 1 metro de altura y con salida directa en caso de evacuación. Los muros y el pavimento deben de ser de hormigón u obra de fábrica y con juntas de dilatación.

Teniendo en cuenta que nuestros productos son de clase B, la distancia mínima entre ellos debe ser 0.5 veces su diámetro nominal de tanque, siendo mínima 1.5 metros. Es de obligado cumplimiento que el cubeto tenga una capacidad libre del 10% del volumen de líquido almacenado.

5.4.2. Plan de revisiones

Según la ITC MIE APQ-1 el almacenaje debe de tener un plan de revisiones propias para comprobar la disponibilidad y el buen estado de los elementos e instalaciones de seguridad y equipos de protección personal. A continuación, se muestran los elementos que han de estar sometidos a revisiones:

- Las duchas y lavaojos serán probados como mínimo una vez a la semana. En el caso de que haya deficiencia, estas se indicarán al titular de la instalación y se deberán reparar.
- Los equipos de protección personal se revisarán periódicamente siguiendo las instrucciones de sus fabricantes y suministradores.
- Los equipos y sistemas de protección contra incendios.

También se deben de revisar anualmente las instalaciones siguientes:

- La continuidad eléctrica de las tuberías o del resto de elementos metálicos de la instalación.
- Comprobar en las instalaciones que se puedan inspeccionar visualmente, si están en buen estado, como son los cubetos, bombas, equipos e instalaciones auxiliares.
- Comprobar los recipientes y tuberías que se puedan inspeccionar visualmente, el estado de las paredes y si se observa algún deterioro.
- Comprobar la reserva de agua, el funcionamiento de los equipos de bombeo, de los sistemas de refrigeración, alarmas, extintores, etc.

5.5. Señalización

5.5.1. Introducción

La señalización es un punto importante a tener en cuenta en una planta química ya que ayuda a mantener un orden de seguridad dentro de la planta. La señalización consta de la combinación de colores, paneles, señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o gestual proporcionando información necesaria para evitar accidentes y facilitar a los trabajadores en: la localización de la salida de emergencia más próxima o las protecciones individuales necesarias para entrar en alguna zona de reacción entre otros.

En España, este punto está regulado por el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, en el que se proporciona la disposición mínima en materia de señalización, seguridad y salud en el trabajo^[13].

5.5.2. Tipos de señales

5.5.2.1. Colores de seguridad

Los colores de seguridad serán una advertencia visual en el que cada uno de los colores podrá ser una señalización de seguridad o formará parte de otra señalización. En la *tabla 4* se pueden observar los diferentes colores de seguridad y su significado.

Tabla 4: Colores de Seguridad

Color	Significado	Indicaciones y precisiones
Rojo	Señal de prohibición.	Comportamientos peligrosos.
	Peligro-Alarma.	Alto, parada, dispositivos de desconexión de emergencia. Evacuación.
	Material y equipos de lucha contra incendios.	Identificación y localización.
Amarillo o amarillo anaranjado	Señal de advertencia.	Atención, precaución. Verificación.
Azul	Señal de obligación.	Comportamiento o acción específica. Obligación de utilizar un equipo de protección individual.
Verde	Señal de salvamento o de auxilio.	Puertas, salidas, pasajes, material, puestos de salvamento o de socorro, locales.
	Situación de seguridad.	Vuelta a la normalidad.

Tal y como se intenta representar en la *tabla 4*, el color de señalización debe disponerse sobre un color de fondo que contraste y no dificulte la percepción de la señalización. Por eso, el color blanco será el color de contraste para los colores de señalización: rojo, azul y verde; mientras que el color negro para el color amarillo.

5.5.2.2. Señales en forma de panel

Las señales en forma de panel son las más usuales. Estas señales proporcionan una determinada información según la combinación de colores, la forma geométrica y de un símbolo o pictograma. Los pictogramas serán lo más sencillos posible y facilitando su comprensión.

Las señales serán de un material resistente en mayor parte a los golpes, los daños por causas temporales y las agresiones medioambientales. Las dimensiones de éstas, así como las características colorimétricas y fotométricas, garantizarán su buena visibilidad y comprensión.

Con la mayor preferencia posible, las señales en forma de panel se instalarán a una altura y una posición adecuadas al ángulo visual, teniendo en cuenta posibles obstáculos, en la proximidad inmediata del riesgo, objeto o acceso a la zona de riesgo que deba señalizarse.

El lugar de la instalación de la señal deberá estar bien iluminado, ser accesible y fácilmente visible. En caso de que la iluminación general sea insuficiente, se empleará una iluminación adicional o se utilizarán colores fosforescentes o materiales fluorescentes.

Por lo tanto, existen diferentes tipos de señales, según su función se clasifican en las siguientes:

- Señales de advertencia:

Este tipo de señales tienen una forma triangular. Los pictogramas son de color negro sobre fondo amarillo y los bordes negros.



Figura 11: Señales de advertencia.

- Señales de prohibición:

Las señales de prohibición tienen una forma redonda. Los pictogramas son de color negro sobre fondo blanco, el contorno es rojo y presentan unas bandas transversales de izquierda a derecha y el color rojo deberá ocupar como mínimo el 35% de la superficie de la señal.



Figura 12: Señales de prohibición.

- Señales de obligación:

Las señales de obligado cumplimiento tienen una forma redonda. Los pictogramas son de color blanco sobre fondo azul. En este tipo de señales, el color azul deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal.



Figura 13: Señales de obligación.

- Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios:

Este tipo de señales tienen una forma rectangular o cuadrada. Los pictogramas son de color blanco sobre fondo rojo. El color rojo en este tipo de señales deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal.



Figura 14: Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios.

- Señales de salvamento o socorro:

Este tipo de señales tienen una forma rectangular o cuadrada. Los pictogramas son de color blanco sobre fondo verde. En este tipo de señales, el verde deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal.

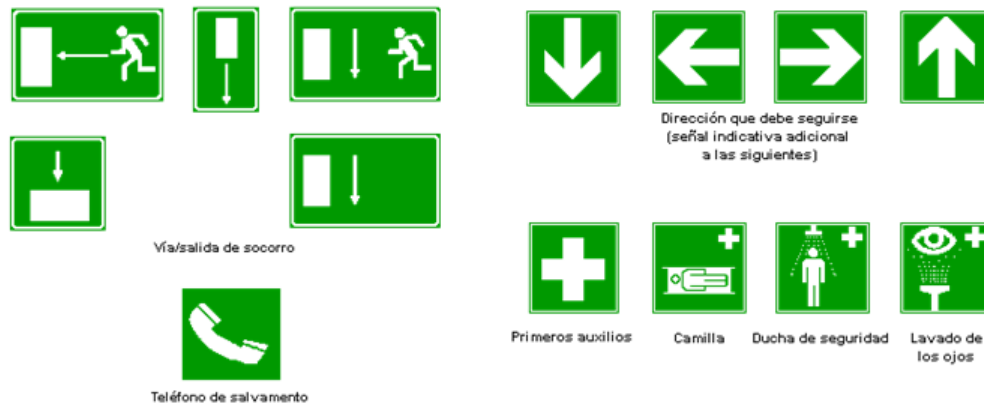


Figura 15: Señales de salvamento o socorro

5.5.2.3. Luminosas y acústicas

Las señales luminosas y acústicas indicarán, al ponerse en marcha, la necesidad de realizar una determinada acción, y se mantendrá dicha señal mientras persista tal necesidad. Al finalizar este tipo de señalización se adoptarán de inmediato las medidas que permitan volver a utilizarlas en caso de necesidad.

La eficacia y buen funcionamiento de las señales luminosas y acústicas se comprobarán antes de su entrada en servicio, y posteriormente mediante las pruebas periódicas necesarias.

Si este tipo de señales se emplean de manera intermitente, para su utilización alterna o complementaria deberán actuar de la misma forma que las anteriores.

Las características y requisitos de las señales luminosas són:

- La luz emitida por la señal deberá provocar un contraste luminoso apropiado respecto a su entorno, en función de las condiciones de uso previstas. Su intensidad deberá asegurar su percepción, sin llegar a producir deslumbramientos.
- La superficie luminosa que emita una señal podrá ser de color uniforme, o llevar un pictograma sobre un fondo determinado.
- Si un dispositivo puede emitir una señal tanto continua como intermitente, la señal intermitente se utilizará para indicar un mayor grado de peligro o una mayor urgencia de la acción requerida con respecto a la señal continua.

- No se utilizarán al mismo tiempo dos señales luminosas que puedan dar lugar a confusión, ni una señal luminosa cerca de otra emisión luminosa muy parecida a la primera.
- Cuando se utilice una señal luminosa intermitente, la duración y frecuencia de los destellos deberán permitir la correcta identificación del mensaje, evitando que pueda ser percibida como continua o confundida con otras señales luminosas.
- Los dispositivos de emisión de señales luminosas para uso en caso de peligro grave deberán ser objeto de revisiones especiales o ir provistos de una bombilla auxiliar.

Las características y requisitos de las señales acústicas són:

- La señal acústica deberá tener un nivel sonoro superior al nivel de ruido ambiental, de forma que sea claramente audible, sin llegar a ser excesivamente molesto.
- El tono de la señal acústica o, cuando se trate de señales intermitentes, la duración, intervalo y agrupación de los impulsos, deberá permitir su correcta identificación y clara distinción frente a otras señales acústicas o ruidos ambientales.
- No deberá utilizarse dos señales acústicas a la vez.
- Si un dispositivo puede emitir señales acústicas con un tono o intensidad variables o intermitentes, o con un tono o intensidad continuos, se utilizarán las primeras para indicar y las segundas para un mayor grado de peligro o una mayor urgencia de la acción requerida.
- El sonido de una señal de evacuación deberá ser continuo.

5.5.2.4. Comunicaciones verbales

La comunicación verbal se establece entre locutor y uno o varios oyentes, los mensajes verbales serán cortos, simples y claros y eventualmente codificados.

La comunicación verbal será directa mediante una voz humana o indirecta (voz humana o sintética, difundida por un medio apropiado).

Para la utilización de las comunicaciones verbales se deben tener en cuenta las siguientes reglas particulares:

- Las personas afectadas deberán conocer bien el lenguaje utilizado, a fin de poder pronunciar y comprender correctamente el mensaje verbal y adoptar, en función de éste, el comportamiento apropiado en el ámbito de la salud y la seguridad.
- Si la comunicación verbal se utiliza en lugar o como complemento de señales gestuales, habrá que utilizar palabras tales como, por ejemplo:

- Comienzo: Para indicar la toma de mando.

- o Alto: para interrumpir o finalizar un movimiento.
- o Fin: para finalizar las operaciones.
- o Izar: para izar una carga.
- o Bajar: para bajar una carga.
- o Avanzar, retroceder, a la derecha, a la izquierda: para indicar el sentido de un movimiento.
- o Peligro: para efectuar una parada de emergencia.
- o Rápido: para acelerar un movimiento por razones de seguridad.

5.5.2.5. Señales gestuales

Una señal gestual deberá ser precisa, simple, amplia, fácil de realizar y comprender y claramente distinguible de cualquier otra señal. La utilización de los dos brazos al mismo tiempo se hará de forma simétrica y para una sola señal gestual.

Para la utilización de las señales gestuales se deben tener en cuenta las siguientes reglas particulares:

- La persona que emite las señales, denominada encargado de señales, dará las instrucciones de maniobra mediante señales gestuales al destinatario de estas, denominado operador.
- El encargado de las señales deberá poder seguir visualmente el desarrollo de las maniobras sin estar amenazado por ellas.
- El encargado de las señales deberá dedicarse exclusivamente a dirigir las maniobras y a la seguridad de los trabajadores situados en las proximidades.
- El operador deberá suspender la maniobra que esté realizando para solicitar nuevas instrucciones cuando no pueda ejecutar las órdenes recibidas con las garantías de seguridad necesarias.
- El encargado de las señales deberá ser fácilmente reconocido por el operador.
- El encargado de las señales llevará uno o varios elementos de identificación apropiados tales como chaqueta, manguitos o casco entre otros.
- Los elementos de identificación serán de colores vivos, a ser posible iguales para todos los elementos, y serán utilizados exclusivamente por el encargado de las señales.




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.	

Figura 16: Gestos generales.




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

Figura 17: Movimientos verticales.






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

Figura 18: Movimientos horizontales.


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 19: Movimientos de peligro.

5.5.3. Disposiciones mínimas relativas a diversas señalizaciones

- Riesgos, prohibiciones y obligaciones:

La señalización dirigida a advertir a los trabajadores de la presencia de un riesgo, o a recordarles la existencia de una prohibición u obligación, se realizará mediante señales en forma de panel que se ajusten a los puntos comentados con anterioridad en este mismo apartado.

- Riesgo de caídas, choques y golpes:

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgos de caída de personas, choques o golpes podrá optarse por un panel correspondiente a la señalización en cuestión o bien por un color de señalización.

La delimitación de aquellas zonas de los locales de trabajo a las que el trabajador tenga acceso con ocasión de éste, en las que se presenten riesgos de caída de personas, caída de objetos, choques o golpes, se realizará mediante un color de seguridad.

La señalización por color referida en los apartados anteriores se efectuará mediante franjas alternas amarillas y negras. Las franjas deben estar dispuestas con una inclinación aproximada de 45° y similar a la *figura 20*.



Figura 20: Señalización por riesgo de caídas, choques y golpes.

- Vías de circulación.

Cuando sea necesario para la protección de los trabajadores, las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de un color bien visible, preferentemente blanco o amarillo. La delimitación deberá respetar las necesarias distancias de seguridad entre vehículos y objetos próximos, y entre peatones y vehículos.

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

- Tuberías, recipientes y áreas de almacenamiento de sustancias.

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

Las etiquetas se pegarán, fijarán o pintarán en sitios visibles de los recipientes o tuberías. Las etiquetas se colocarán a lo largo de la tubería en número suficiente, y siempre que existan puntos de especial riesgo, como válvulas o conexiones, en su proximidad. La información de la etiqueta podrá complementarse con otros datos, tales como el nombre o fórmula de la sustancia o mezcla peligrosa o detalles adicionales sobre el riesgo.

El etiquetado podrá ser sustituido por las señales de advertencia contempladas anteriormente en este mismo apartado, con el mismo pictograma o símbolo. En el caso del transporte de recipientes dentro del lugar de trabajo, podrá sustituirse o complementarse por señales que se apliquen en toda la Unión Europea, para el transporte de sustancias o mezclas peligrosas.

Las zonas, locales o recintos utilizados para almacenar cantidades importantes de sustancias o mezclas peligrosas deberán identificarse mediante la señal de advertencia apropiada, de entre las indicadas en apartados anteriores, o mediante la etiqueta que corresponda, de acuerdo con la normativa correspondiente.

El almacenamiento de diversas sustancias o mezclas peligrosas puede indicarse mediante la señal de advertencia de peligro en general.

- Equipos de protección contra incendios.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo o predominantemente rojo, de forma que se puedan identificar fácilmente por su color.

El emplazamiento de los equipos de protección contra incendios se señalarán mediante el color rojo o por una señal en forma de panel de las indicadas en la *figura 14*. Cuando sea necesario, las vías de acceso a los equipos se mostrarán mediante las señales indicativas adicionales también especificadas.

- Medios y equipos de salvamento y socorro.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro se realizará mediante señales en forma de panel de las indicadas en la *Figura 15*.

- Situaciones de emergencia.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal. Con la misma eficacia podrá optarse por una cualquiera de las tres. También podrá emplearse una combinación de una señal luminosa con una señal acústica o con una comunicación verbal.

- Maniobras peligrosas.

La señalización que tenga por objeto orientar o guiar a los trabajadores durante la realización de maniobras peligrosas que supongan un riesgo para ellos mismos o para terceros se realizará mediante señales gestuales o comunicaciones verbales. Se podrá optar por la combinación de las dos señales con la misma eficacia.

5.6. Protección contra incendios

La finalidad de este apartado es mostrar las medidas que se han implementado en la planta para evitar la producción y propagación de incendios en las instalaciones, teniendo en cuenta las posibilidades de que ello se produzca.

El objetivo primordial de dichas medidas es proteger y asegurar, en primera instancia, a los empleados y subsecuentemente, relacionado con el primer punto, proteger la instalación de posibles daños que pueda producir el fuego y adelantarse a las posibles consecuencias de dicho siniestro.

Todas las medidas de seguridad contra incendios vienen dadas del Real Decreto 2267/2004, del 3 de diciembre ^[11]. También se ha tenido en cuenta la revisión de las instrucciones técnicas y complementarias (MIE APQ-1, MIE APQ-2) proveniente del Real Decreto 656/2017, de 23 de junio ^[12].

5.6.1. Factores que producen la generación de fuego

No se puede comprender que es un incendio sin antes comprender cuales son los factores que originan un incendio, para dicha tarea se emplea un diagrama conocido como el triángulo del fuego. Este diagrama explica cuáles son los elementos que originan un fuego, dichos elementos son los siguientes:

- **Combustible:** Es la materia prima en donde se genera el fuego. Puede ser cualquier cosa que tenga la capacidad de arder, como madera, papel, gasolina, plásticos, entre otros.
- **Comburente:** Es el elemento que oxida al combustible, dicho elemento suele ser el aire. El aire que respiramos es una mezcla de gases que contiene aproximadamente un 21% de oxígeno y un 79% de nitrógeno.

- **Energía de activación:** Es la energía necesaria para que se inicie y mantenga la combustión. El calor puede ser generado por una llama, una chispa, una fuente de radiación térmica, entre otros.

5.6.2. Clasificación de los incendios

Los incendios se clasifican según su clase, estas clases se dividen en función del tipo de combustible que ha originado dicho incendio, por tanto, se ha de realizar un método de extinción concreto. Los tres métodos que se usan para extinguir un fuego son eliminar o retirar el combustible del elemento que genera calor o energía de activación, eliminar la presencia de comburente sofocándolo y finalmente reducir la temperatura, es decir, reduciendo la energía de activación.

Según la normativa, Existen 5 tipos de incendios, siendo estos:

- **Clase A:** Incendios de materiales sólidos como la madera, el papel, los tejidos y los plásticos. Este tipo de incendio se apaga reduciendo la temperatura con un agente refrigerante, donde usualmente se suele utilizar el agua para dicha función.
- **Clase B:** Incendios en líquidos inflamables como la gasolina, el aceite y los disolventes. Para poder extinguir se ha de sofocar la fuente de comburente.
- **Clase C:** Incendios en gases inflamables como el propano y el butano. En este caso se puede tanto eliminar la salida de combustible o sofocarlo.
- **Clase D:** Incendios en metales combustibles como el magnesio, el titanio y el sodio. Dicha forma es sofocándolo mediante sales especiales o arena.
- **Clase E:** Incendios en equipos de baja tensión o instalaciones eléctricas. El método de extinción es o separar o desconectar el

5.6.3. Clasificación de las áreas de una planta industrial

Para poder realizar la clasificación de las áreas de la planta de producción de etilbenceno según los riesgos de incendio, se ha seguido el Anexo I del Real Decreto 2267/2004 ^[11]. La clasificación que se ha seguido es a partir de dicho documento, en donde menciona las características del establecimiento según la configuración y ubicación de su entorno.

5.6.3.1 Establecimientos industriales según la ubicación de un edificio

Las características presentes en el Real Decreto 2267/2004 ^[11] establece una serie de tipos de entorno según las características según la configuración y el

riesgo de incendio que se pueda producir según si este tipo de establecimientos están cubiertos o no.

- **Tipo A_V:** El establecimiento industrial ocupa parcialmente un edificio de disposición vertical que tiene, además, otros establecimientos, sean o no de uso industrial, que ocupan plantas superiores o inferiores

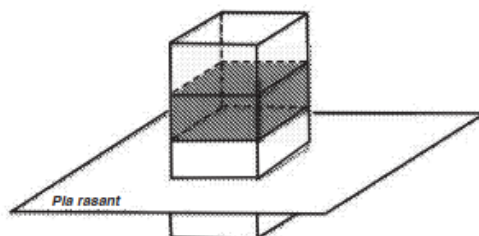


Figura 21: Estructura referente al tipo A_V.

- **Tipo A_B:** El establecimiento industrial ocupa parcialmente un edificio de disposición horizontal que tiene, además, otros establecimientos, sean o no de uso industrial.

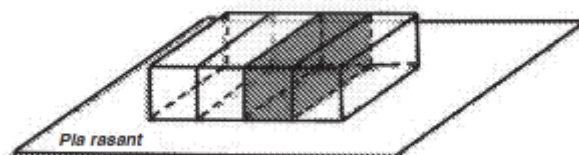


Figura 22: Estructura referente al tipo A_B.

- **Tipo B:** El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio adosado en otros edificios, o está separado otros edificios otros establecimientos por una distancia igual o inferior a tres metros, tanto si estos son de uso industrial como si no tuvieran otros usos.

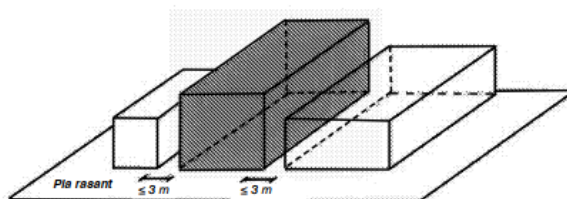


Figura 24: Estructura referente al tipo B.

- **Tipo C:** El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio o, si procede, varios edificios, y está separado del edificio más próximo otros

establecimientos por una distancia superior a tres metros; esta distancia tiene que estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar un incendio.

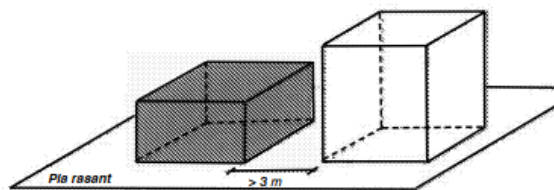


Figura 25: Estructura referente al tipo C.

- **Tipo D:** El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto, puede estar totalmente cubierto y alguna de sus fachadas carece totalmente de cierre lateral.

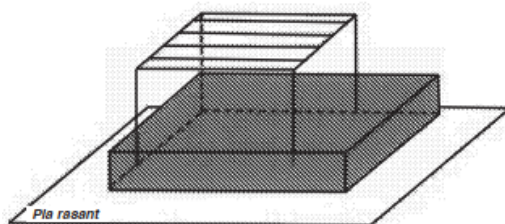


Figura 26: Estructura referente al tipo D parcialmente cubierto.

- **Tipo E:** El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto, puede estar parcialmente cubierto (hasta un 50% de su superficie) y alguna de sus fachadas en la parte cubierta carece totalmente de cierre lateral.

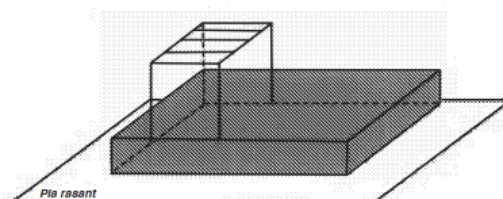


Figura 27: Estructura referente al tipo E falta de cierre total.

Si dichos establecimientos no están dentro de los tipos anteriores, por lo general, se suele identificar con el tipo que más se asemeje al ideal. En una misma planta puede haber diferentes establecimientos, por tanto, se ha de establecer la normativa según la zona.

5.6.3.2 Clasificación de las áreas de la planta

En este apartado se clasifican las zonas según su tipo de configuración, definidas en la *tabla 5* según la normativa en el Real Decreto 2267/2004 ^[11] respecto a la actividad que se va a realizar.

Tabla 5: Clasificación de las áreas de la planta

Áreas	Descripción	Tipo de configuración
100	Almacenamiento de benceno	E
200-1	Proceso de Alquilación	E
200-2	Procesos de separación	E
200-3	Proceso de Transalquilación	E
300	Almacenamiento de Etilbenceno	E
400	Torres de refrigeración	E
500	Calderas y Motores	C
600	Tratamiento de gases	C
700	Mantenimiento	B
800	Sala de control	B
900	Laboratorios	B
1000	Servicios	B
1100	Oficina, vestuario y comedor	B
1200	Almacén	B
1300	Parking	E
1400	Balsa contra incendios	E

5.6.5. Características según el nivel de riesgo intrínseco

En esta sección se determina el nivel de riesgo intrínseco del cálculo de la densidad de fuego en la planta de producción de etilbenceno. Las ecuaciones utilizadas se encuentran presentes en el Real Decreto 2267/2004 del 3 de diciembre ^[11].

En la ecuación (1) es la más general y será utilizada para la zona de almacenamiento de reactivos y productos, en el caso de la ecuación (2) se utilizará para las zonas que no son de almacenamiento.

$$Q_S = \frac{\sum_i G_i q_i C_i}{A} R_a \left(\frac{MJ}{m^2} \right) \quad (1)$$

Donde:

- Q_S es la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del área de incendio, en MJ/m².
- G_i es la masa, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles), en kg.
- q_i es el poder calorífico de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio, en MJ/kg.
- C_i es el coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio. Este valor se puede determinar mediante la tabla 1.1 del Real Decreto según el ITC MIE-APQ1, según el combustible que se esté empleando.
- R_a es el coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc. Este valor se puede determinar mediante la tabla 1.2 del Real Decreto mencionado anteriormente.
- A es la superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m².

$$Q_S = \frac{\sum_i q_{si} S_i C_i}{A} R_a \left(\frac{MJ}{m^2} \right) \quad (2)$$

Donde:

- q_{si} es la densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio (i), en MJ/m².
- S_i superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego, q_{si} diferente, en m².

En la *tabla 6* se muestran los niveles de peligro según la densidad de carga de fuego y la *tabla 7* se observa los niveles de peligro de la planta una vez calculados.

Tabla 6: Niveles de peligro según la densidad de carga de fuego

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m ²	MJ/m ²
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1275 < Q_s \leq 1700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1700 < Q_s \leq 3400$
ALTO	6	$800 < Q_s \leq 1600$	$3400 < Q_s \leq 6800$
	7	$1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$
	8	$3200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

Tabla 7: Niveles de peligro de la planta.

Áreas	Descripción	Qs (MJ/m ²)	Riesgo
100	Almacenamiento de benceno	20000	8- Alto
200-1	Proceso de Alquilación	3200	5- Medio
200-2	Procesos de separación	3200	5- Medio
200-3	Proceso de Transalquilación	3200	5- Medio
300	Almacenamiento de Etilbenceno	20000	8- Alto
400	Torres de refrigeración	75	1-Bajo
500	Calderas y Motores	16	1-Bajo
600	Tratamiento de gases	50	1-Bajo
700	Mantenimiento	3120	5- Medio
800	Sala de control	520	2- Bajo
900	Laboratorios	1200	3- Medio
1000	Servicios	390	2-Bajo
1100	Oficina, vestuario y comedor	1365	4-Medio
1200	Almacén	2400	5-Medio
1300	Parking	720	2-Bajo
1400	Balsa contra incendios	0	1-Baja

5.6.6. Medidas de protección contra incendio

Para poder proteger todas las áreas de un posible incendio, se han implantado una serie de medidas contra incendios. Según los recursos y la peligrosidad que pueda conllevar un incendio según los elementos que compongan el área, como los compuestos químicos, los equipos o dispositivos que pueda haber para que no se produzcan daños mayores.

Para poder dicha protección, se puede hacer de forma complementaria de dos formas, la forma activa o la forma pasiva.

5.6.6.1. Protección activa

El objetivo de la protección activa es extinguir el fuego cuando ya se ha producido, para que se activen dichas protecciones, estas requieren o de una activación manual o automática para que puedan actuar en el foco del incendio.

5.6.6.1.1. Detección

El tipo de detección irá en función de si es por vía humana o manual, o automática

- **Detección humana:** La responsabilidad de detectar y contener el foco de incendio recaerá en el individuo que esté en ese instante en la zona o que sea el encargado de detener el incendio.
- **Detección automática:** Esta es la forma más eficiente y rápida, en donde un sistema automático, detectará la presencia de llamas o humo y activará los sistemas contra incendio que hayan sido automatizados.

Para poder avisar que se ha producido un incendio en la zona, también se tendrá en cuenta una serie de sistemas de alarma para comunicar al resto de empleados de la presencia de fuego y poder realizar las medidas que previamente se han instaurado.

- **Sistema automático de detección de incendios**

Estos elementos se conforman por elementos fijos que se instalan en ciertas zonas de riesgo para detectar algún elemento que de indicios de que se esté produciendo un incendio. Estos elementos pueden ser detectores de humo, como detectores de llamas, donde mediante detectores, puede detectar la variación de luminosidad o de temperatura.

- **Sistema manual de detección de incendios**

Por otra parte, también hay sistemas de alarma que pueden ser accionados de forma manual si por algún caso los detectores automáticos no estén presentes o hayan fallado a la hora de detectar el incendio. De esta forma, se manda una señal a todos los trabajadores de la planta de forma segura.

5.6.6.1.2. Agentes extintores

- **Agua:** Es el más económico de los agentes extintores, de fácil obtención y, en definitiva, el más utilizado para combatir los incendios. El objetivo de este compuesto es además de enfriar y sofocar, también inertizar y diluir los compuestos inflamables. Estos se pueden o pulverizar, nebulizar o en forma de chorro.
- **Dióxido de carbono:** El objetivo de este agente extintor es sofocar las llamas, útil para incendios por combustibles líquidos inflamables o fuegos eléctricos (incendios de tipo B y E).
- **Polvos secos:** Con el mismo objetivo que el compuesto anterior, pero con la particularidad de ser en un formato de polvo químico, compuesto por bicarbonato sódico o potásico, mezclado con fosfato tricálcico, un compuesto hidrofóbico, mejorando así las características de este agente extintor.
- **Espumas:** Este agente extractor puede ser de tanto tipo químico como físico, en el caso de una espuma química no se puede usar con corrientes eléctricas ya que se puede disolver en alcoholes y puede dañar los metales en los que entre en contacto. En el caso de la espuma física, tiene una mejor efectividad con fuegos de tipo B. Una de las desventajas de usar espumas es que el agua contrarresta su eficacia, descomponiéndose y, por tanto, perdiendo su capacidad extintora.
- **Sustancias de halones:** Son sustancias que se pueden usar tanto para apagar fuegos eléctricos como fuegos de tipo A y B.

5.6.6.1.3. Equipos Extintores

Un extintor es un dispositivo de seguridad contra incendios diseñado para apagar o controlar el fuego en su etapa inicial. Consiste en un recipiente cilíndrico que contiene un agente extintor, como espuma, polvo químico seco o dióxido de carbono, y está equipado con una válvula y un mecanismo de disparo que libera el agente extintor cuando se acciona. Los extintores son esenciales para la prevención de incendios y la protección de vidas y propiedades. Estos elementos han de estar colocados a una altura máxima de 1,7 metros, por tanto, han de ser accesibles y visibles, estando situados, principalmente, en zonas de riesgo de incendio.



Figura 28: Extintor portátil

En la *tabla 8* se muestra cual es la eficacia mínima de un extintor según el volumen máximo de combustible de clase B.

Tabla 8: Determinación de la dotación de extintores portátiles en sectores de incendio con carga de fuego aportada por combustibles de clase B

	VOLUMEN MÁXIMO, V (1), DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS EN EL SECTOR DE INCENDIO (1) (2)			
	V ≤ 20	20 < V ≤ 50	50 < V ≤ 100	100 < V ≤ 200
EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	113 B	113 B	144 B	233 B

5.5.1.4. Sistema de abastecimiento de agua contra incendios

- **Boca de incendio equipada (B.I.E)**

Las BIE son dispositivos de seguridad contra incendios que se encuentran instalados en edificios y establecimientos. Consisten en un sistema de tuberías y mangueras que suministran agua a alta presión para extinguir un incendio de forma efectiva. Las BIE están conectadas a la red de agua del edificio y se encuentran ubicadas en lugares estratégicos, como pasillos y escaleras, para permitir un acceso rápido en caso de emergencia.



Figura 29: Boca de incendios equipada

Tienen como ventaja, con respecto al extintor, que tiene una capacidad casi inagotable a la hora de usarlo, es decir, que no se agotará como en el caso de un extintor convencional y se suelen colocar estos equipos según el tipo de establecimiento:

- Están ubicados en edificios de tipo A y su superficie total construida es de 300 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 500 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 200 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1.000 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 500 m² o superior.
- Son establecimientos de configuraciones de tipo D o E, su nivel de riesgo intrínseco es alto y la superficie ocupada es de 5.000 m² o superior.

Las B.I.E. pueden estar equipadas con manguera plana o con manguera semirrígida. La toma adicional de 45 mm de las B.I.E. con manguera semirrígida, para ser usada por los servicios profesionales de extinción, estará equipada con válvula, racor y tapón para uso normal. Este servicio debe proveer por lo menos una hora de uso si el riesgo es medio o bajo y noventa minutos si es de riesgo alto, como se muestra en la *tabla 9*.

Tabla 9: Tipo de BIE y necesidades de agua

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

● Rociadores o sprinklers

Los rociadores contra incendios son equipos diseñados para detectar y extinguir incendios en edificios. Estos dispositivos se instalan en la parte superior de una estructura y contienen una cabeza rociadora que se activa automáticamente en caso de incendio. Según la actividad y el tipo de edificio se debe configurar de una u otra forma los rociadores, en donde se dividen en dos tipos:

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

- Están ubicados en edificios de tipo A, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 500 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 2500 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 1000 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 3500 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 2000 m² o superior.

b) Actividades de almacenamiento si:

- Están ubicados en edificios de tipo A, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 300 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1500 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 800 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 2000 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 1000 m² o superior.

● Pulverizadores

Un pulverizador es un dispositivo que funciona pulverizando agua o líquido retardante de fuego en una fina niebla para sofocar el fuego y prevenir su propagación, de esta forma se previene los daños que puedan producir las llamas.

• Hidrantes

Los hidrantes o bocas de incendio son dispositivos de seguridad contra incendios diseñados para proporcionar agua a los bomberos en caso de emergencia. Estos hidrantes son puntos de suministro de agua conectados a una red de tuberías subterráneas, y se utilizan para suministrar grandes volúmenes de agua a los equipos de extinción de incendios.

Tabla 10: Necesidades de agua de un hidrante

Configuración del establecimiento industrial	Nivel de riesgo intrínseco					
	Bajo		Medio		Alto	
Tipo	Caudal (L/Min.)	Autón. (Min)	CauDal (L/Min.)	Autón. (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

Hay muchos tipos de hidrantes, pero por lo general se tienen en cuenta estos tres:

- Hidrante de columna seca: Son un tipo de hidrante que se vacía por completo en cuanto ya se han usado, se encuentran enterrados parcialmente y por tanto son ideales para colocarlo en lugares estratégicos para, por ejemplo, una situación en donde se produzca un choque de vehículos.
- Hidrante de columna húmeda: Estos se encuentran fuera de cualquier sitio en donde se pueda producir una colisión, igual que los hidrantes secos, estos se encuentran medio enterrados.
- Hidrante de arqueta: Estos se encuentran totalmente enterrados y su función es ser colocados en sitios en donde los otros dos tipos de hidrantes no se puedan colocar, como inconvenientes presentan un caudal más reducido comparado con los otros dos y que para acceder a este equipo se ha de levantar una tapa.



Figura 30: Tipos de Hidrantes

5.6.6.2 Cálculo necesidades de agua contra incendio

Para poder realizar un cálculo aproximado de las necesidades de agua en la planta para la lucha contra el fuego, se ha de consultar la ITC MIE APQ-1^[12] y el Real Decreto 2267/2004, del 3 de diciembre^[11].

Para poder comenzar, se ha de determinar tanto el caudal como la autonomía de los hidrantes, utilizando los datos de la *tabla 8* y sabiendo los tipos de edificios que se han construido en la planta. Así se determina la cantidad de agua para los hidrantes.

$$R_{hidrante} = \sum_{i=1}^n Q_i * \theta_{hidrante,i} \quad (3)$$

Donde:

- $R_{hidrante}$ es la reserva de volumen total de los hidrantes, en m³.
- Q_i es el caudal del hidrante, en m³/h.
- $\theta_{hidrante,i}$ es la autonomía del hidrante, en h.

Después de determinar los tipos de área cercanos a los hidrantes, se ha determinado que la planta necesitaría 720 m³/h y una cantidad de 960 m³ de agua.

Tabla 11: Necesidades de agua para BIE

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

Después se calculará el volumen de cada BIE mediante los datos de la *tabla 9* y utilizando la siguiente ecuación:

$$R_{BIE} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\pi}{4} * D_i^2 \right) * s_i * \theta_{BIE,i} * v_{H2O} \quad (4)$$

Donde:

- R_{BIE} es la reserva de volumen total de las BIE, en m³.
- D_i es el diámetro de las tuberías, en m.
- s_i es la simultaneidad.
- $\theta_{BIE,i}$ es la autonomía de la BIE, en h.
- v_{H2O} es la velocidad típica del agua, en m/h.

Donde el volumen total que requieren las BIE es de 160 m³ y un caudal aproximado de 11,5 m³/h cada BIE.

A continuación, se realizará el volumen total requerido para la balsa de agua, donde su volumen total es de 1120 m^3 . Para el cálculo de la superficie que ocupará la balsa de agua, se ha supuesto que su profundidad es de 2 m de alto, por tanto, su superficie es de 560 m^2 , es decir que la balsa tiene unas dimensiones de (23,7x23,7x2) metros.

5.6.6.3 Protección pasiva contra incendios

Las protecciones pasivas son aquellas medidas que se instauran en el momento de la construcción de edificios y estructuras para prevenir la propagación de incendios. Generalmente hay dos formas de protecciones pasivas.

Sistema de protección pasiva:

- **Elementos ignífugos:** consiste en reducir la propagación de las llamas aplicando elementos ignífugos en estructuras críticas.
- **Pintura ignífuga:** Es una serie de pinturas especiales que reducen durante un tiempo determinado la temperatura producida del calor del incendio a las estructuras críticas, dando un margen de tiempo para la evacuación.
- **Recubrimientos:** Uso de un material con la capacidad de cubrir con el objetivo de aislar térmicamente un elemento.

Medidas de protección pasiva:

- **Compartimentación por zonas:** es una medida en donde se divide los elementos más importantes por zonas o áreas.
- **Conductos de ventilación:** Ayuda a la eliminación de gases, en este caso los gases de la combustión, además ayuda a la reducción de temperatura.
- **Sellado:** consiste en sellar todos los agujeros en las paredes de las tuberías u otros elementos para que no se propague el fuego a otras zonas.
- **Protección de cables:** Es una base en donde protege los cables eléctricos de la instalación eléctrica para accionar los elementos activos de protección contra incendios.
- **Puertas y cortinas cortafuegos:** se utilizan como sistema de contención de incendios, para que no pasen a otra zona o sector y se propague el incendio dentro de la instalación.

- **Señalización:** Es de las más importantes dentro de las medidas pasivas, consiste en utilizar una serie de señales visuales, que pueden ser luminosas o no, para señalar, por ejemplo, donde se encuentra la salida de emergencia más cercana o que hacer o no hacer en ciertas situaciones de riesgo.

5.6.7. Plano de protección contra incendios en la planta

A continuación, en la *figura 31* se muestra como se han distribuido las medidas de protección y seguridad de contra incendios, dichos planos se pueden ver también en el *apartado 10 de planos y diagramas* con más precisión.

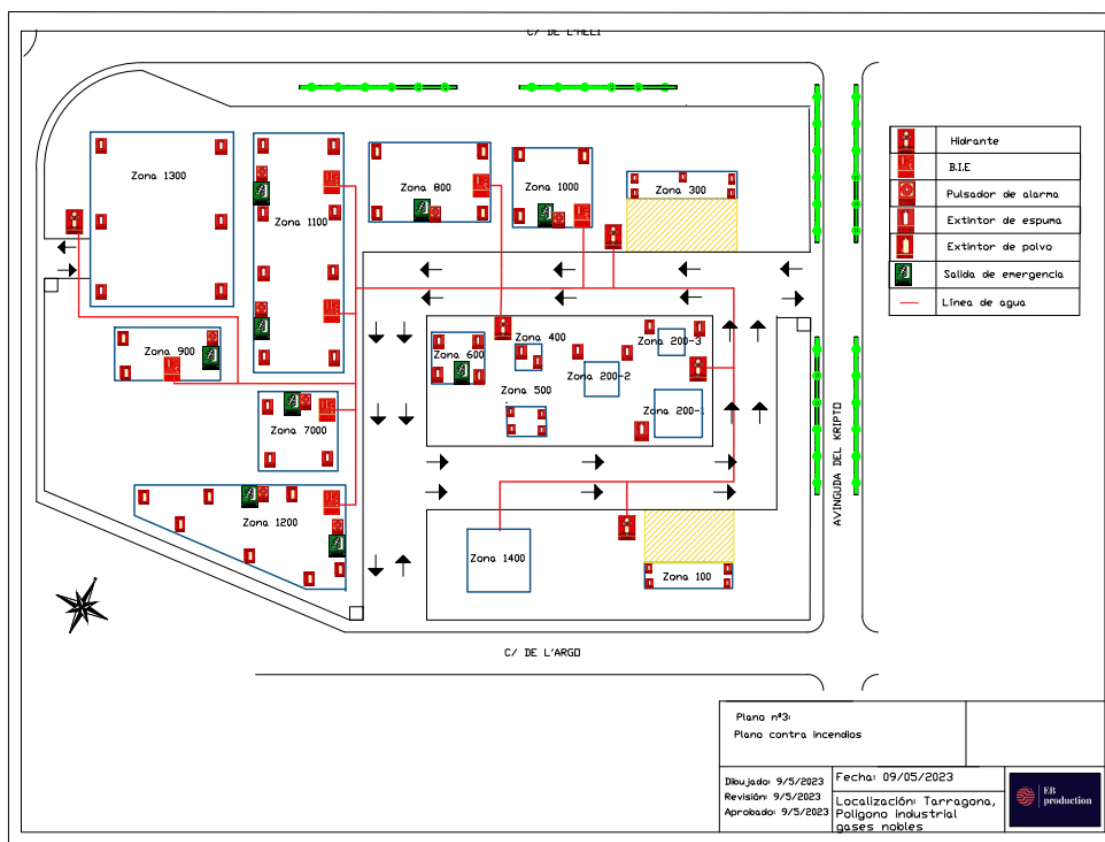


Figura 31: Plano de medidas de protección contra incendios

5.7. Primeros auxilios

En este apartado se enseñan los fundamentos para realizar los primeros auxilios en el caso de un accidente laboral, proporcionando así una guía fundamental para los trabajadores en el caso que se produzca un accidente dentro de la planta.

Con los conocimientos que se mostrarán a continuación, los trabajadores tendrán un mejor accionar y un rigor a la hora de intervenir en un accidente, comparado con el caso de que dicha guía de primeros auxilios no esté, evitando por tanto que se agraven las lesiones o incluso evitar la muerte de la víctima del accidente.

Para realizar estos primeros auxilios se ha consultado el BOE sobre la prevención de riesgos laborales^[14].

5.7.1. Significado de P.A.S.

El término P.A.S. son unas siglas que promueven el accionar básico de los individuos en un caso de emergencia, dichas siglas como significan lo siguiente:

- **Proteger:** Con esta palabra, se tiene como intención de preservar la seguridad de la persona afectada como de las personas de alrededor y de los que socorren a dicha persona, por tanto, hay que evaluar siempre el entorno y tomar las medidas pertinentes para evitar el riesgo.
- **Alertar:** En este caso, se usa como referencia a la necesidad de pedir ayuda a expertos o gente con un conocimiento a la hora de auxiliar a personas accidentadas, de normal implica llamar a los servicios de emergencia.
- **Socorrer:** se refiere a la atención inmediata en un caso de emergencia a la persona afectada. Esto incluye la maniobra RCP, control de hemorragias, inmovilización y fracturas, entre otras.

5.7.2. Principios generales

Seguidamente, se ha de tener una serie de pensamientos para reaccionar de forma adecuada en la situación de que se haya producido un accidente.

- 1) Proteger a la persona afectada y a ti mismo de cualquier peligro. En el caso que la zona no sea adecuada, hay que movilizar a un lugar seguro.
- 2) Evaluar la situación y examinar si se debe realizar primeros auxilios.
- 3) Pedir ayuda si la persona necesita atención médica urgente, llamando a los servicios de emergencia. Si el accidente se ha producido dentro de la planta, entonces llamar al encargado o supervisor.
- 4) Proporcionar primeros auxilios si la persona puede ser tratada mediante vendajes o inmovilizar la lesión.
- 5) Documentar el accidente de la fecha, hora y circunstancias del accidente
- 6) Investigar la causa del accidente después de tratar al accidentado, realizando las medidas pertinentes y asegurar el lugar para evitar que se produzca de nuevo el accidente.

5.7.3. Materiales de primeros auxilios

- 1) Los lugares de trabajo dispondrán de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores, a los riesgos a que estén expuestos y a las facilidades de acceso al centro de asistencia médica más próximo.
- 2) La situación o distribución del material en el lugar de trabajo y las facilidades para acceder al mismo y para, en su caso, desplazarse al lugar del accidente, deberán garantizar que la prestación de los primeros auxilios pueda realizarse con la rapidez y eficacia que se requiere.
- 3) Todo lugar de trabajo deberá disponer, como mínimo, de un botiquín portátil que contenga desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas y guantes desechables.
- 4) El material de primeros auxilios se revisará periódicamente y se irá reponiendo tan pronto como caduque o sea utilizado.
- 5) Los lugares de trabajo de más de 50 trabajadores deberán disponer de un local destinado a los primeros auxilios y otras posibles atenciones sanitarias. También deberán disponer del mismo los lugares de trabajo de más de 25 trabajadores para los que así lo determine la autoridad laboral, teniendo en cuenta la peligrosidad de la actividad desarrollada y las posibles dificultades de acceso al centro de asistencia médica más próximo.
- 6) Los locales de primeros auxilios dispondrán, como mínimo, de un botiquín, una camilla y una fuente de agua potable.
- 7) El material y locales de primeros auxilios deberán estar claramente señalizados.

5.8. Plan de emergencia interno

El objetivo de realizar un plan de emergencia interno es afrontar los accidentes graves con sustancias peligrosas, con un previo análisis, clasificación y evaluación de las consecuencias de trabajar con dichos productos. A continuación, se establecerán los esquemas de coordinación de las autoridades, organismos y servicios que hay que recurrir en el hipotético caso que se dé un accidente y que medidas hay que seguir para preservar la seguridad de los empleados y ciudadanos circundantes a la planta.

Por tanto, mediante los documentos PLASEQCAT i PLASEQTA^[15] (Planes específicos de emergencia externo del sector químico de Catalunya y Tarragona) se dispondrá una planificación de emergencia, en donde permita afrontar y gestionar de forma eficazmente los accidentes que se puedan producir al manipular sustancias peligrosas.

En el caso de una planta productora de Etilbenceno, la peligrosidad de tanto los reactivos como de los productos tienen una peligrosidad alta, ya que se trabaja con hidrocarburos a altas presiones y su punto de ignición es muy bajo. Por este motivo y según el Real decreto.

5.8.1. Estructura del plan de emergencia

- **Identificación del accidente:** Para poder reaccionar de forma proporcional al accidente que se ha producido, se han tomado como referentes estas 3 categorías:
 - Categoría 1: Accidentes leves que provocan un único daño al material o a las instalaciones.
 - Categoría 2: Accidente moderado que provocan daños materiales y posibles víctimas humanas internas
 - Categoría 3: Accidente grave con daños graves de materiales e infraestructuras, además de víctimas humanas externas.
- **Procedimiento de actuación:** Se actuará de forma adecuada según las categorías anteriormente mencionadas en donde se utilizará los siguientes procedimientos según las medidas que se requieran:
 - Fuga de gases tóxicos, irritantes o corrosivos
 - Incendios
 - Explosiones (BLEVE)
- **Determinación de la dirección en caso de emergencia:** A partir del procedimiento que se haya tomado, el personal encargado de la dirección de la planta ha de actuar según el caso de emergencia.
- **Procedimiento según la formación de grupos de respuesta:** En este caso, es importante determinar a una serie de grupos que se encarguen de organizar tanto como actuar según el peligro, como el accionar de los trabajadores en una situación de emergencia.
- **Conectarlo con el plan de emergencia externo:** Si la emergencia no se puede solucionar con los medios disponibles en la planta, entonces se comunicará con los servicios de emergencia del territorio, según la categoría y el peligro que esté sucediendo.
- **Fin de la emergencia**

5.8.2. Implementación del plan de emergencia

Después de aprobar el plan de emergencia, se ha de implementar una serie de tareas, que son las siguientes:

- Informar a los miembros del comité de asesores de la estructura del plan.
- Determinar las consecuencias que conlleva implementar el plan a partir de la información aportada por protección civil.
- Realizar una propuesta de los grupos de respuesta ante las emergencias que pueda haber en la planta.
- Según el plan de emergencia que se ha aprobado, dividir las funciones según los grupos. Dicho plan será entregado a la dirección general de protección civil para comprobar si el plan será adecuado o si hay que realizar modificaciones.
- Seguidamente, hay que realizar una formación específica para los grupos en función según las tareas que les tocaría en el plan ya aprobado.
- Realizar una serie de ensayos para comprobar si los grupos cumplen los protocolos que se encuentran en el plan de emergencias.
- La Generalitat, el ayuntamiento y la empresa afectada serán los encargados de informar a la población de los peligros y de cómo deberían actuar en una situación de emergencia a los alrededores de la planta.

5.8.3. Actualización y revisión del plan

Para que el plan de emergencia siga operativo, se han tomado una serie de medidas para mantenerlo actualizado.

- Formación continuada a los empleados y grupos de respuesta.
- Comprobación del plan a partir de ensayos.
- Revisión periódica del plan y modificaciones según los cambios que se produzcan en la planta o alrededores.

Estas actualizaciones son primordiales, ya que se producirán cambios tanto en las normativas como en las infraestructuras internas de la planta como externas. Por otra parte, hay que hacer una serie de comprobaciones periódicas al plan de emergencia externa y adecuarse a las medidas y exigencias que reclaman.

5.8.4. Activación del plan de emergencia

Los accidentes se dividen según la categoría y el nivel de respuesta, en donde, el nivel de respuesta lo determina el director del plan de emergencia según el accidente y su evolución a lo largo de dicho accidente. En la activación del plan, hay que avisar a todas las personas pertenecientes al plan de emergencia interno y externo como a los bomberos y al CECAT.

Los inscritos al plan se encargan de movilizar y evacuar al personal de la zona afectada, mientras que los bomberos movilizarán los recursos pertinentes para tratar la emergencia. Por otro lado, El CECAT, con la información aportada tanto de los grupos de respuesta como de los bomberos de gestionar la información, realizando las siguientes funciones:

- Confirmar la salida de los bomberos.
- Confirmar la llamada de la empresa.
- Informar a los grupos sanitarios, de control ambiental y de logística.
- Notificar el accidente al director del plan de emergencia para que active el plan según la categoría y al segundo miembro del comité de dirección.
- Informar a todos los grupos que actúan en la emergencia
- Avisar al ayuntamiento afectado para que active el plan pertinente en caso de accidente en una empresa química.
- Constituir un gabinete de información
- Activar al resto del consejo de asesores.
- Contactar con la información meteorológica
- Alertar a otras entidades que puedan ser afectadas.
- Gestionar las vías de carretera y autopista para evitar más accidentes o retrasos de los grupos de respuesta.
- Avisar a otros ayuntamientos que se puedan ver afectados en caso de afectar de forma directa o indirecta el accidente.

5.8.5. Medidas de protección para la población

Las medidas de protección dependen de la gravedad del accidente. Para determinar la envergadura del accidente, el director del plan dispone de tres fuentes de información, La información del plan de emergencia, Los grupos de control ambiental especializados en industrias químicas y finalmente, la PLASEQCAT ^[15].

Para poder preservar la seguridad de los ciudadanos de los alrededores de las instalaciones, se ha de seguir una serie de medidas:

- **Sistema de aviso:** este se realiza mediante alarmas o notificaciones en los teléfonos móviles personales.
- **Confinamiento:** Consiste en refugiar a la población en su domicilio o en un centro autorizado para protegerlos de los efectos del accidente.
- **Evacuación:** En el caso que no se pueda confinar a la población, se debe evacuar de forma segura y ordenada a una población circundante segura.
- **Control de acceso:** el objetivo es controlar las entradas y salidas de la zona afectada, para evitar que afecte a los servicios de emergencia.
- **Informar a la población durante de la emergencia:** El nivel de información para la población depende de la categoría del accidente y su finalidad concreta.

5.9. Protección contra explosiones

El objetivo de las medidas de protección contra explosiones es proteger la salud y seguridad de los trabajadores que se encuentran expuestos a peligros derivados de atmósferas explosivas. Todo lo relacionado a ATEX (Atmósferas Explosivas) se encuentra recogido en el Real Decreto 681/2003 ^[18].

Existe una correlación entre los incendios y las atmósferas explosivas, en donde las sustancias inflamables, al mezclarse con el aire y en condiciones atmosféricas, puede explotar al mínimo contacto de un comburente, generalmente una llama o esquirila.

5.9.1. Clasificación de las explosiones

La clasificación de las explosiones puede ser físicas o químicas y de ahí se clasifican de la siguiente forma:

- Explosión física
- Explosión química
 - Reacción uniforme
 - Explosión térmica
 - Reacción de proporciones
 - Deflagración
 - Detonación

5.9.2. Clasificación de las áreas según el riesgo de explosión

Un área de explosión es aquella zona en la que se forman atmósferas explosivas de tal forma que resulte importante adoptar una serie de medidas especiales para proteger y asegurar la salud y seguridad de los empleados afectados.

Las áreas de riesgo de clasificación en zonas que se tienen en cuenta por la capacidad de generar atmósferas explosivas y su duración son las siguientes:

- **Zona 0:** Área de trabajo en donde la mezcla de sustancias inflamables se encuentra presente en forma de vapor, gas o niebla y por un periodo prolongado.
- **Zona 1:** Área de trabajo en que la probabilidad de que se produzca una atmósfera explosiva es moderada, consistente en una mezcla de gases, vapores o nieblas de material combustible.
- **Zona 2:** Área de trabajo en que no es probable, de forma normal, que se generen condiciones de ATEX con presencia de vapor, gas o niebla y que el periodo de dicha atmósfera sea de un periodo corto de tiempo.

5.9.3. Clasificación en exteriores

Se clasifican las zonas exteriores en función del riesgo de explosiones, con el objetivo de delimitar las áreas que puedan ocasionar una ATEX. Dicha clasificación se plasma en la *tabla 12*.

Tabla 12: Clasificación de exteriores

Zona 2	Proximidad a venteos de camiones con líquido inflamable
	Proximidad a bombas que manipulan líquidos a presiones moderadas con carácter inflamable
	Proximidad a la zona de carga y descarga
	Exterior del reactor
	Exterior de los tanques de almacenamiento de benceno y etilbenceno
	Proximidad de tomas de boca de hombre o purga
Zona 1	Alrededores a venteos de camiones con líquido inflamable
	Alrededores a bombas que manipulan líquidos a presiones moderadas con carácter inflamable
	Alrededores a la zona de carga y descarga
	Alrededores de los tanques de almacenamiento de benceno y etilbenceno
	Alrededores de tomas de boca de hombre o purga

Se considera que es una clasificación de exteriores de los diferentes equipos de las áreas de riesgo. En el interior de los equipos que se manejan líquidos inflamables se clasifican como área 0, pero si dicho líquido es almacenado con tanques de almacenamiento con inertización, dicha zona pasa a zona 1.

Tabla 13: Clasificación del área de riesgo 100

Zona de riesgo	Equipos	Identificación zona de riesgo	Clasificación
Área 100	Tanques	Interior tanque	Zona 0
		Válvula de seguridad	Zona 1
		Alrededores del tanque	Zona 2
		Válvula de seguridad	Zona 2
		Punto de salida	Zona 1
	Bombas	Interior Bomba	Zona 0
		Válvula de seguridad	Zona 1
		Punto de salida	Zona 2

Tabla 14: Clasificación del área de riesgo 200-1

Zona de riesgo	Equipos	Identificación zona de riesgo	Clasificación
Área 200-1	Bombas	Interior Bomba	Zona 0
		válvula de seguridad	Zona 1
		Punto de salida	Zona 2
	Intercambiador de calor	Interior intercambiador de calor	Zona 0
		Alrededores del intercambiador	Zona 2
		Punto de salida	Zona 1
	Reactores	Interior del reactor	Zona 0
		Alrededores del reactor	Zona 2
		Punto de salida	Zona 1
	Horno	Interior Horno	Zona 0
		Alrededores del Horno	Zona 2
		Punto de salida	Zona 1

Tabla 15: Clasificación del área de riesgo 200-2

Zona de riesgo	Equipos	Identificación zona de riesgo	Clasificación
Área 200-2	Columnas de destilación	Interior de la columna	Zona 0
		Alrededores de la columna	Zona 2
		Punto de salida	Zona 1
	Reboilers	Interior Reboiler	Zona 0
		Alrededores del reboiler	Zona 2
		Punto de salida	Zona 1
	Condensadores totales	Interior del intercambiador	Zona 0
		Alrededores del condensador	Zona 2
		Punto de salida	Zona 1

Tabla 16: Clasificación del área de riesgo 200-3

Zona de riesgo	Equipos	Identificación zona de riesgo	Clasificación
Área 200-3	Bomba	Punto de salida	Zona 1
		Interior del intercambiador	Zona 0
		Alrededores del condensador	Zona 2
	Intercambiador de calor	Interior intercambiador de calor	Zona 0
		Alrededores del intercambiador	Zona 2
		Punto de salida	Zona 1
	Reactor	Interior del reactor	Zona 0
		Alrededores del reactor	Zona 2
		Punto de salida	Zona 1

Tabla 17: Clasificación del área de riesgo 300

Zona de riesgo	Equipos	Identificación zona de riesgo	Clasificación
Área 300	Tanques	Interior tanque	Zona 0
		Válvula de seguridad	Zona 1
		Alrededores del tanque	Zona 2
		Válvula de seguridad	Zona 2
		Punto de salida	Zona 1
	Bombas	Interior Bomba	Zona 0
		Válvula de seguridad	Zona 1
		Punto de salida	Zona 2

Tabla 18: Clasificación del área de riesgo 500 y 600

Zona de riesgo	Equipos	Identificación zona de riesgo	Clasificación
Área 500	Motores	Interior de los motores	Zona 0
		Alrededores de los motores	Zona 2
		Punto de salida	Zona 1
	Caldera	Interior de la caldera	Zona 1
		Alrededores de la caldera	Zona 2
		Punto de salida	Zona 2
Área 600	Tratamiento de gases	Interior del cogenerador	Zona 1
		Alrededores del cogenerador	Zona 2
		Punto de salida	Zona 2

5.9.4. Acción de extinción

Para reducir la peligrosidad de los equipos se usa la inertización mediante nitrógeno, en donde, mediante el nitrógeno, que es un gas inerte, se puede diluir el oxígeno dentro de los tanques, reduciendo así la posibilidad de que se produzca una atmósfera ATEX dentro del tanque. En el *apartado 10 de diagramas y planos*, se puede observar que en los tanques de almacenamiento de reactivo y producto se usa el nitrógeno inyectado en los equipos para nivelar la presión, y, por tanto, reducir el riesgo de una explosión.

Las fuentes y causas de explosión están estrechamente relacionadas con las de incendio, por tanto, no es necesario mencionar cuales son las causas que provocan las explosiones en el *apartado 6.2*.

5.9.5. Detectores de atmósferas explosivas

Dichos detectores avisan de la presencia de gases y vapores peligrosos, estos pueden ser móviles o fijos y pueden ayudar a la prevención y aviso de una posible atmósfera explosiva en la zona.

Estos sensores son realmente transductores, con la capacidad de transformar en señal eléctrica la presencia de uno u otro tipo de gas, estos pueden ser:

- **Sensores electroquímicos:** Estos consisten en dos electrodos que tienen contacto con el gas de dos formas, o mediante electrolitos o mediante un circuito eléctrico externo.
- **Sensores de perla catalítica:** Estos sensores son afectados por los gases oxidados a partir de un catalizador, que son calentados de forma controlada y que activa el sistema de alarma. Estos sensores deben de ir en parejas para evitar errores a causa de la temperatura exterior y protegerlos de las explosiones mediante una carcasa antideflagrante y un disco sinterizado.
- **Sensores de infrarrojo:** Este tipo de sensores tiene en cuenta que los rayos infrarrojos pueden detectar la presencia de hidrocarburos, que son prácticamente todos los gases que se emplean en la reacción del etilbenceno, absorbiendo la radiación que produce el rayo de infrarrojos para detectar la presencia de hidrocarburos, y, por tanto, atmósferas explosivas.

5.9.6. Protección contra explosiones

La protección contra explosiones es el conjunto de equipos que ayudan en el aviso de explosiones o posibles explosiones e impedir que se propaguen, reduciendo así las pérdidas y daños producidas por la onda explosiva o futuras explosiones. Las medidas de protección contra explosiones son las siguientes:

- **Sistema de detección y alarma de atmósferas explosivas:** Este sistema está compuesto por elementos capaces de detectar atmósferas explosivas, emitiendo una señal que activa una alarma para avisar a los trabajadores de que hay presencia de atmósfera explosiva.
- **Supresores de las atmósferas explosivas:** Este sistema se encarga de suprimir la aparición de atmósferas explosivas dentro de los equipos.

5.10. Análisis de riesgos

El análisis de riesgo o HAZOP (Hazard and operability studies) tiene como objetivo identificar los posibles cambios que se puedan producir en el proceso y detectar las posibles consecuencias que se puedan generar. Otro de los objetivos es verificar si las medidas de protección instaladas en la planta son suficientes o hay que añadir o modificar dichas protecciones para asegurar el bienestar de los empleados y la seguridad de las instalaciones.

Para realizar el análisis de riesgo, hay que tener en cuenta todos los equipos que se van a utilizar en el proceso. Seguidamente se realiza un estudio de cada equipo con los posibles peligros que pueda generar según diferentes condiciones, como presión, temperatura, caudal, nivel, falta de mantenimiento del equipo, entre otros. Por tanto, se debe analizar las posibles causas y su consecuente solución y la acción para dar dicha solución.

Para realizar el análisis de riesgo, se debe tener en cuenta una serie de palabras claves para poder comprender el HAZOP:

- **No:** ausencia total de la variable
- **Más:** incremento en cantidad de la variable
- **Menos:** detrimento en cantidad de la variable
- **A demás de:** aumento cualitativo de la variable
- **Inverso:** Lo inverso de lo establecido
- **Parte de:** Actividad diferente de la establecida

	Análisis de riesgos: tanque de almacenamiento			Hoja 1/4
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
NO	Caudal de proceso	Fallada de la válvula de control	No se llena ni se vacía el tanque	Hacer un bypass y realizar la reparación o cambio de válvula
		Fallada del lazo de control del nivel del tanque		Hacer un bypass y realizar la reparación o cambio del lazo de control
		Fallada del equipo anterior		Parar el proceso y reparar o cambiar el equipo
		Fallada del lazo de control de la inertización	Aumento de la presión dentro del tanque	Parar el proceso de llenado o vaciado, llevar los gases a tratamiento de gases y reparar el sistema de inertización
		Rotura u obstrucción de la cañería	Fuga de benceno o etilbenceno	Cerrar la entrada y salida del tramo, diluir el etilbenceno y el benceno para evitar una atmósfera explosiva, hacer un bypass y reparar el tramo dañado.

	Análisis de riesgos: tanque de almacenamiento			Hoja 2/4
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
NO	Caudal del camión cisterna	Fallo en la conexión con el camión cisterna	El camión cisterna no se llena ni se vacía	Parar el proceso de carga y descarga y conectar el camión con otra manguera.
		Fallo en la válvula		Parar el proceso de carga y descarga e instalar la válvula dañada
		Fallo en la bomba		Parar el proceso de carga y descarga, hacer el bypass y reparar la bomba dañada o cambiarla.
		Rotura u obstrucción de la cañería	Fuga de etilbenceno o etileno	Cerrar las válvulas de entrada y salida del tramo, diluir el etilbenceno y el benceno para evitar atmósferas explosivas, realizar un bypass y arreglar el tramo dañado
	Inertización	Fallo del lazo de control	Más/menos presión	Redirigir el compuesto almacenado a otro tanque de almacenamiento y reparar o sustituir las partes afectadas
	Fallo de la válvula			

	Análisis de riesgos: tanque de almacenamiento			Hoja 3/4
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
NO	Volumen de almacenamiento	Fallo del controlador de nivel	Tanques llenos o vacío por encima de su capacidad	Parar el tramo del tanque afectado, vaciar el compuesto a otros tanques y reparar los elementos afectados
		Fallo de la válvula		
MÁS	Caudal de inertización	Fallo del lazo de control	Aumento de la presión y posible rotura de la válvula	Cerrar la válvula de entrada si el tanque esté vacío, si no, vaciarlo y redirigirlo a otro tanque, después reparar o sustituir la parte afectada
		Fallo de la válvula		
	Nivel del tanque	Fallo del control de nivel	Aumenta el nivel del tanque por encima del diseñado, causando una posible fuga.	

	Análisis de riesgos: tanque de almacenamiento			Hoja 4/4
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
MENOS	Caudal de tratamiento de gases	Fallo del lazo de control	Aumento de presión	Asegurarse de que el tanque está vacío, si no, redirigir el compuesto a otro tanque de almacenamiento, posteriormente se cierran las entradas y salidas y se procede a realizar la reparación o sustitución de la parte afectada
		Fallo de la válvula		
	Presión	Fallo del lazo de control	El compuesto se encuentra en la franja de ignición y posible fuga del producto o reactivo.	
		Fallo de la válvula		
Fallo de la válvula de venteo				
Nivel del tanque	Fallo del control de nivel	Menos nivel del tanque		
INVERSO	Caudal de carga o descarga	Bomba instalada en el sentido contrario	No entra o sale nada del tanque	Parar la carga o descarga, usar el bypass de las bombas y arreglar o sustituir dicho elemento
		Fallo de la válvula		Parar el proceso, hacer un bypass e instalar o arreglar la válvula
		Fallo del lazo de control		Parar el proceso, hacer un bypass e instalar o arreglar el lazo de control

		Análisis de riesgos: Reactor		Hoja 1/5
		Planta de producción de etilbenceno		Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
NO	Caudal de alimento	Fallada de suministro de las materias primas	La temperatura, presión y conversión disminuyen.	Liberar los gases hacia los motores, preparar la instalación y esperar a que lleguen los suministros.
		Fallada de la válvula de control		Liberar los gases hacia los motores, preparar la instalación y cambiar la válvula.
		Fallada de los enlaces de control		Liberar los gases hacia los motores, preparar la instalación y cambiar la válvula.
		Cañería dañada	La temperatura, presión se ven disminuidas, posible fuga y ignición de los reactivos y productos.	Asegurar la zona, liberar los gases hacia los motores, preparar la instalación y cambiar el tramo de cañería.

		Análisis de riesgos: Reactor		Hoja 2/5
		Planta de producción de etilbenceno		Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
NO	Reacción	Fallada de suministros de materias primeras	Reducción de temperatura, presión y conversión	Aumentar la presión de entrada de los reactores y preparar los reactores a una purga de producto hacia tratamiento de gases.
		Fallada de las condiciones de presión y temperatura mínimas necesarias	La conversión y temperatura se verá reducida	
		Falta suficiente de catalizador	Menor temperatura y conversión, mayor presión	
MÁS	Cabal de alimento	Fallada de los enlaces de control	Aumento de presión y temperatura, posible BLAVE	Iniciar el uso de la camisa de los reactores para reducir la temperatura y usar las válvulas de salida para reducir la presión
		Fallada de la válvula de control		

	Análisis de riesgos: Reactor			Hoja 3/5
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
MÁS	Temperatura	Fallo del intercambiador de calor	Posible causa de explosión o fuga	Aumentar la temperatura o caudal del aceite térmico, o reducir el caudal de agua refrigerante
		Fallada de los enlaces de control		Aumentar la temperatura del aceite térmico y cambiar el enlace de control
	Presión	Fallo de la bomba	Incremento de temperatura y conversión	Uso del bypass y cambiar la bomba dañada
		Fallada de los enlaces de control		Uso del bypass con un control manual y cambiar el controlador de presión
	Reacción	Desviación de las condiciones de trabajo	Aumento de presión	Comprobar que los sistemas funcionen correctamente y revisar la cantidad de Zeolita que hay en el reactor
		Desviación de las condiciones de trabajo	Aumento de temperatura	

		Análisis de riesgos: Reactor		Hoja 4/5
		Planta de producción de etilbenceno		Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
MENOS	Caudal de alimento	Fallada del suministro de reactivos	La temperatura y presión disminuye, la conversión se ve disminuida	Parar la entrada de alimento, reducir la presión enviando los gases a tratamiento y comprobar si hay falta de suministro o no llega la suficiente
		Fallada de los enlaces de control		Parar la entrada de alimento, reducir la presión enviando los gases a tratamiento y cambiar el enlace de control
		Fallada de la válvula de control		Parar la entrada de alimento, reducir la presión enviando los gases a tratamiento y cambiar la válvula
	Temperatura	Fallada del intercambiador	Bajo rendimiento de la reacción	Disminuir el caudal del aceite térmico y aumentar el refrigerante, además de activar el sistema de encamisado para reducir la temperatura del reactor
		Falla de enlace de control		Disminuir el caudal del aceite térmico y aumentar el refrigerante, además de activar el sistema de encamisado para reducir la temperatura del reactor, cambiar el enlace de control de los intercambiadores
	Presión	Fallada de la bomba	Bajo rendimiento de la reacción	Para la entrada de reactivos, purgar los gases a tratamiento de gases y hacer un bypass y cambiar la bomba
		Obstrucción o fuga en algún tramo		Para la entrada de reactivos, purgar los gases a tratamiento de gases y revisar si hay fugas u obstrucciones.
		Falla de enlace de control		Para la entrada de reactivos, purgar los gases a tratamiento de gases y hacer un bypass y cambiar la bomba

	Análisis de riesgos: Reactor			Hoja 5/5
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra Clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
MENOS	Reacción	Catalizador obstruido por el uso	Menos conversión y temperatura	Parar la producción, enviar los gases del reactor a tratamiento de gases y realizar la regeneración del catalizador o cambiarlos por un lote nuevo.
		Catalizador defectuoso		Parar la producción, enviar los gases del reactor a tratamiento de gases y renovar el lote defectuoso por el nuevo.
INVERTIR	Cabal de entrada y salida	Fallada de la válvula	El fluido circula en sentido contrario	Hacer un bypass y arreglar la válvula o cambiarla
		Fallada de la bomba		Hacer un bypass y arreglar la bomba o cambiarla
		Instalación de la bomba en sentido contrario	No circulara caudal	Hacer un bypass y girar la bomba hacia el sentido correcto

		Análisis de riesgos: Intercambiador de calor		Hoja 1/3
		Planta de producción de etilbenceno		Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
NO	Caudal de fluido refrigerante	Fallo del servicio del fluido	La temperatura del fluido del proceso se ve incrementado con respecto a lo esperado	Solucionar el problema al área de servicio o torre de refrigeración y si es necesario, parar el proceso
		Fallada del enlace de control		Hacer un bypass y cambiar el enlace de control
		Fallada de la bomba		Hacer un bypass y cambiar la bomba
		Rotura u obstrucción de la cañería		Hacer un bypass y cambiar el tramo de tubería, si fuera necesario habría que parar el proceso
	Caudal de fluido térmico	Fallo del servicio del fluido	La temperatura del fluido del proceso se ve disminuido con respecto a lo esperado	Solucionar el problema al área de servicio o motores y si es necesario, parar el proceso
		Fallada del enlace de control		Hacer un bypass y cambiar el enlace de control
		Fallada de la bomba		Hacer un bypass y cambiar la bomba
		Rotura u obstrucción de la cañería		Hacer un bypass y cambiar el tramo de tubería, si fuera necesario habría que parar el proceso
	Caudal del proceso	Rotura u obstrucción de la cañería	No llega el fluido del proceso al intercambiador de calor	Parar la producción, asegurar el área y arreglar el problema
		Falla de equipos anteriores	No llega el fluido del proceso al intercambiador de calor	Parar la producción, asegurar el área y arreglar el equipo anterior

	Análisis de riesgos: Intercambiador de calor			Hoja 2/3
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
MÁS	Caudal del fluido refrigerante	Fallo del servicio del fluido	Un mayor intercambio de calor puede provocar problemas en el área de reacción o de separación	Regular el caudal del fluido refrigerante
		Fallada del enlace de control		Hacer un bypass y cambiar el enlace de control
		Fallada de la bomba		Hacer un bypass y cambiar la bomba
	Caudal del fluido térmico	Fallo del servicio del fluido		Regular el caudal del fluido térmico
		Fallada del enlace de control		Hacer un bypass y cambiar el enlace de control
		Fallada de la bomba		Hacer un bypass y cambiar la bomba
	Caudal de proceso	Fallada de equipos anteriores	Intercambio de energía insuficiente	Parar la producción, asegurar el área y arreglar el equipo anterior
	Temperatura del fluido refrigerante/ térmico	El fluido no está dentro del rango de temperatura esperado	No se llega a la temperatura esperada para el proceso, modificando los balances de materia y energía	Regular la temperatura del fluido refrigerante/térmico
	Temperatura del fluido del proceso			

	Análisis de riesgos: Intercambiador de calor			Hoja 2/3
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
MÁS	Caudal del fluido refrigerante	Fallo del servicio del fluido	Un mayor intercambio de calor puede provocar problemas en el área de reacción o de separación	Regular el caudal del fluido refrigerante
		Fallada del enlace de control		Hacer un bypass y cambiar el enlace de control
		Fallada de la bomba		Hacer un bypass y cambiar la bomba
	Caudal del fluido térmico	Fallo del servicio del fluido		Regular el caudal del fluido térmico
		Fallada del enlace de control		Hacer un bypass y cambiar el enlace de control
		Fallada de la bomba		Hacer un bypass y cambiar la bomba
	Caudal de proceso	Fallada de equipos anteriores	Intercambio de energía insuficiente	Parar la producción, asegurar el área y arreglar el equipo anterior
	Temperatura del fluido refrigerante/ térmico	El fluido no está dentro del rango de temperatura esperado	No se llega a la temperatura esperada para el proceso, modificando los balances de materia y energía	Regular la temperatura del fluido refrigerante/térmico
	Temperatura del fluido del proceso			

		Análisis de riesgos: Intercambiador de calor		Hoja 3/3
		Planta de producción de etilbenceno		Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
MENOS	Caudal del fluido refrigerante	Fallo del servicio del fluido	Menos intercambio de calor al fluido de proceso y por tanto se modifica los parámetros de la producción	Regular el caudal del fluido refrigerante
		Fallada del enlace de control		Hacer un bypass y cambiar el enlace de control
		Fallada de la bomba		Hacer un bypass y cambiar la bomba
		Obstrucción o rotura de las cañerías		Hacer un bypass y cambiar o arreglar el tramo dañado
	Caudal del fluido térmico	Fallo del servicio del fluido		Regular el caudal del fluido térmico
		Fallada del enlace de control		Hacer un bypass y cambiar el enlace de control
		Fallada de la bomba		Hacer un bypass y cambiar la bomba
		Obstrucción o rotura de las cañerías		Hacer un bypass y cambiar o arreglar el tramo dañado
	Caudal de proceso	Obstrucción o rotura de las cañerías	Regular el caudal del fluido térmico	
		Fallada de equipos anteriores	Menos fluido de proceso al intercambiador	Parar la producción, asegurar el área y arreglar el equipo anterior
Temperatura del fluido refrigerante/ térmico	El fluido no está dentro del rango de temperatura esperado	No se llega a la temperatura esperada para el proceso, modificando los balances de materia y energía	Regular la temperatura del fluido refrigerante/térmico	
Temperatura del fluido del proceso				

		Análisis de riesgos: Columna de destilación		Hoja 1/5
		Planta de producción de etilbenceno		Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
NO	Caudal de alimento	Obstrucción o rotura de la cañería	No llega alimento a la columna y posible fuga o ignición de productos químicos	Hacer un bypass en la medida de lo posible y si no se puede realizar, entonces parar el funcionamiento de la planta, enviar los gases a tratamiento de gases y arreglar la cañería
		Error de los equipos anteriores	No llega alimento a la columna y reducción de producto	Hacer un bypass en la medida de lo posible y si no se puede realizar, entonces parar el funcionamiento de la planta, enviar los gases a tratamiento de gases y arreglar el equipo que no esté funcionando correctamente
	Caudal del condensador	Temperatura superior a la de operación	Todo el alimento está en fase gas y sale por el destilado	Regular la temperatura de tanto el condensador como del reboiler a las condiciones de trabajo
		Presión inferior a la de operación		
Caudal del recirculado del condensador	Fallada del fluido refrigerante	No hay reflujo y la pureza se ve disminuida	Regular la temperatura del condensador	

		Análisis de riesgos: Columna de destilación		Hoja 2/5
		Planta de producción de etilbenceno		Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
NO	Caudal del reboiler	Fallada del fluido térmico	No hay reflujo, disminución del caudal del destilado	Regular la temperatura del reboiler
	Caudal de recirculación del reboiler		Inundación de la columna	
	Separación	Fallada del reboiler	Nula transferencia entre fases	Comprobar si funciona correctamente el reboiler y en el caso que sea necesario parar la producción
		Fallada del condensador		Comprobar si funcionan correctamente los enlaces de control y solucionar el problema
		Fallada en el reblimiento de la columna		Parar la entrada de producto y liberar los gases a tratamiento de gases

		Análisis de riesgos: Columna de destilación			Hoja 3/5
		Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción	
MÁS	Caudal de entrada	Fallo de equipos anteriores	Inundación de la columna	Control de nivel de la columna	
	Caudal del condensador	Fallo en el fluido térmico	Disminuye la cantidad de destilado	Regular la temperatura del fluido refrigerante	
	Caudal del reboiler	Fallo en el fluido refrigerante	Disminuye la cantidad de destilado	Regular la temperatura del fluido térmico que va al reboiler	
	Temperatura	Fallada en las condiciones del fluido térmico	Inundación de la columna	Regular la temperatura del fluido térmico	
		Fallada en el reboiler		Regular la temperatura del reboiler	
		Fallada a la entrada del alimento	Cambio en la pureza del producto final	Regular la temperatura de la columna	
	Presión	Fallada a la entrada del alimento	Disminuye la cantidad de destilado	Regular la presión de la columna mediante la válvula de expansión	

		Análisis de riesgos: Columna de destilación		Hoja 4/5
		Planta de producción de etilbenceno		Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
MENOS	Caudal de entrada	Obstrucción o rotura de la cañería	No llega el alimento suficiente a la columna	Hacer un bypass en la medida de lo posible y si no se puede realizar, entonces parar el funcionamiento de la planta, enviar los gases a tratamiento de gases y arreglar la cañería
		Fallo de equipos anteriores		Hacer un bypass en la medida de lo posible y si no se puede realizar, entonces parar el funcionamiento de la planta, enviar los gases a tratamiento de gases y arreglar el equipo o equipos afectados
	Caudal del condensador	Fallada en las condiciones del fluido refrigerante	La pureza y la cantidad se ve modificada	Regular la temperatura del fluido refrigerante

	Análisis de riesgos: Columna de destilación			Hoja 5/5
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
MENOS	Caudal del reboiler	Fallada del fluido térmico	Disminuye la cantidad de productos disminuye la cantidad de producto y se recircula más al proceso	Regular la temperatura del fluido térmico que va al reboiler
	Temperatura	Fallada en las condiciones del fluido refrigerante		Regular la temperatura del fluido térmico
		Fallada en las condiciones del condensador	La pureza aumenta, pero se disminuye la cantidad	Regular la temperatura del reboiler
		Temperatura del alimento diferente a la esperada	La pureza aumenta, pero se disminuye la cantidad	Regular la temperatura de la columna
	Presión	Fracción de gas superior a la de operación	La cantidad del destilado aumenta, pero la pureza disminuye	Regular la presión de la columna mediante la válvula de expansión

	Análisis de riesgos: Bombas			Hoja 1/2
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
NO	Caudal de fluido	Fallo de la bomba	Ausencia de impulso del fluido del proceso	Cerrar las válvulas de entrada y salida, parar el equipo y usar la bomba paralela y cambiar o sustituir la bomba dañada
		Rotura u obstrucción de la tubería	Fuga del fluido	Cerrar las válvulas de entrada y salida, hacer un bypass y arreglar el tramo dañado
		Fallo de equipos anteriores	Cavitación y ausencia de flujo	Revisar el equipo dañado, y en caso de complicación parar el proceso
		Fallo de la válvula antirretorno	Ausencia de impulso del fluido del proceso	Instalar una válvula manual, realizar la reparación o sustitución de la válvula dañada
MÁS	Presión del fluido	Fallo de equipos anteriores	Las condiciones del fluido serán diferentes a las condiciones de operación	Revisar el equipo dañado, y en caso de complicación parar el proceso
		Fallo del lazo de control		Cerrar las válvulas de entrada y salida, hacer un bypass y arreglar o cambiar el lazo de control
		Fallo de la válvula		Cerrar las válvulas de entrada y salida, hacer un bypass y arreglar o cambiar la válvula dañada

		Análisis de riesgos: Bombas		Hoja 2/2
		Planta de producción de etilbenceno		Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
MENOS	Presión del fluido	Fallo de la bomba	Las condiciones del fluido del proceso serán diferentes a lo establecido.	Cerrar la válvula de entrada y salida, parar el equipo y utilizar la bomba paralela
		Rotura u obstrucción de la cañería		Limpiar la cañería o sustituirla
		Fallo de la válvula		Cerrar la válvula de entrada y salida, parar el equipo y utilizar la bomba paralela hasta que la válvula haya sido substituida o arreglada
		Fallo del lazo de control		Cerrar la válvula de entrada y salida, parar el equipo e instalarlo correctamente
INVERSO	Fluido del proceso	Bomba instalada en el sentido contrario	Circulación del fluido contrario al de operación	Cerrar la válvula de entrada y salida, parar el equipo y utilizar la bomba paralela hasta que el lazo de control haya sido substituida o arreglada
PARTE DE	Caudal del proceso	Fuga de la bomba	Pérdida de la cantidad de fluido	Cerrar la válvula de entrada y salida, parar el equipo y utilizar la bomba paralela.

Palabra clave	Análisis de riesgos: tanques pulmón			Hoja 1/3
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Variable	Causa	Consecuencia	Acción	
NO	Caudal de proceso	Fallada de la válvula de control	No se llena ni se vacía el tanque	Hacer un bypass y realizar la reparación o cambio de válvula
		Fallada del enlace de control del nivel del tanque		Hacer un bypass y realizar la reparación o cambio del lazo de control
		Fallada del equipo anterior		Parar el proceso y reparar o cambiar el equipo
		Fallada del enlace de control de la inertización	Aumento de la presión dentro del tanque	Parar el proceso de llenado o vaciado, llevar los gases a tratamiento de gases y reparar el sistema de inertización
		Rotura o obstrucción de la cañería	Fuga de benceno o etilbenceno	Cerrar la entrada y salida del tramo, diluir el etilbenceno y el benceno para evitar una atmósfera explosiva, hacer un bypass y reparar el tramo dañado.

	Análisis de riesgos: tanques pulmón			Hoja 2/3
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
NO	Venteo	Fallo del lazo de control	Más/menos presión	Redirigir el compuesto almacenado a otro tanque de almacenamiento y reparar o sustituir las partes afectadas
		Fallo de la válvula		
	Volumen del tanque pulmón	Fallo del controlador de nivel	Tanques llenos o vacío por encima de su capacidad	Parar el tramo del tanque afectado, hacer bypass y reparar los elementos afectados.
		Fallo de la válvula		
MÁS	Caudal de tratamiento de gases	Fallo del lazo de control	Aumento de la presión y posible rotura de la válvula.	Cerrar la válvula de entrada si el tanque está vacío, sino, vaciarlo y redirigirlo a otro tanque, después reparar o sustituir la parte afectada.
		Fallo de la válvula		
	Nivel del tanque	Fallo del control de nivel	Aumenta el nivel del tanque por encima del diseñado, causando una posible fuga.	

	Análisis de riesgos: tanques pulmón			Hoja 3/3
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
MENOS	Caudal de tratamiento de gases	Fallo del lazo de control	Aumento de presión	Asegurarse de que el tanque este vacío, si no, hacer bypass, posteriormente se cierran las entradas y salidas y se procede a realizar la reparación o sustitución de la parte afectada
		Fallo de la válvula		
	Presión	Fallo del lazo de control	El compuesto se encuentra en la franja de ignición y posible fuga del producto o reactivo.	
		Fallo de la válvula Fallo de la válvula de venteo		
Nivel del tanque	Fallo del control de nivel	Menos nivel del tanque		
INVERSO	Caudal de carga o descarga	Bomba instalada en el sentido contrario	No entra o sale nada del tanque	Parar la carga o descarga, usar el bypass de las bombas y arreglar o sustituir dicho elemento
		Fallo de la válvula		Parar el proceso, hacer un bypass e instalar o arreglar la válvula

	Análisis de riesgos: Compresor			Hoja 1/2
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
NO	Caudal de fluido	Fallo del compresor	Ausencia de impulso del fluido del proceso	Cerrar las válvulas de entrada y salida, parar el equipo y usar la bomba paralela y cambiar o sustituir la bomba dañada
		Rotura o obstrucción	Fuga del fluido	Cerrar las válvulas de entrada y salida, hacer un bypass y arreglar el tramo dañado
		Fallo de equipos anteriores	Cavitación o ausencia de flujo	Revisar el equipo dañado, y en caso de complicación parar el proceso
		Fallo de la válvula antirretorno	Ausencia de impulso del fluido del proceso	Instalar una válvula manual, realizar la reparación o sustitución de la válvula dañada
MÁS	Presión del fluido	Fallo de equipos anteriores	Las condiciones del fluido serán diferentes a las condiciones de operación	Revisar el equipo dañado, y en caso de complicación parar el proceso
		Fallo del lazo de control		Cerrar las válvulas de entrada y salida, hacer un bypass y arreglar o cambiar el lazo de control
		Fallo de la válvula		Cerrar las válvulas de entrada y salida, hacer un bypass y arreglar o cambiar la válvula dañada

	Análisis de riesgos: Compresor			Hoja 2/2
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
MENOS	Presión del fluido	Fallo del compresor	Las condiciones del fluido serán diferentes a lo establecido.	Cerrar la válvula de entrada y salida, parar el equipo y utilizar la bomba paralela
		Rotura o obstrucción de la cañería		Limpiar la cañería o sustituirla
		Fallo de la válvula		Cerrar la válvula de entrada y salida, parar el equipo y utilizar la bomba paralela hasta que la válvula haya sido substituida o arreglada
		Fallo del lazo de control		Cerrar la válvula de entrada y salida, parar el equipo e instalarlo correctamente
INVERSO	Fluido que se dirige a servir a un sistema del proceso	Compresores instalados en el sentido contrario	Circulación del fluido contrario al de operación	Cerrar la válvula de entrada y salida, parar el equipo y utilizar el compresor paralelo hasta que el equipo haya sido substituida o arreglada
PARTE DE	Caudal del proceso	Fuga de la bomba	Pérdida de la cantidad de fluido	Cerrar la válvula de entrada y salida, parar el equipo y utilizar el compresor paralelo.

	Análisis de riesgos: Motores de combustión			Hoja 1/2
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
NO	Caudal del proceso	Rotura o obstrucción de la cañería	No llega el fluido del proceso al equipo	Parar la producción, asegurar el área y arreglar el problema
		Falla de equipos anteriores		
MÁS	Caudal de proceso	Rotura o obstrucción de la cañería	Una sobrecarga del motor y posible explosión	Hacer bypass y arreglar el tramo o cambiarlo
		Falla de equipos anteriores		Parar la producción, asegurar el área y arreglar el problema
		Falta de un motor		Sustituir el equipo dañado o repararlo
MENOS	Caudal de proceso	Rotura o obstrucción de la cañería	Una sobrecarga del motor y posible explosión	Hacer bypass y arreglar el tramo o cambiarlo
		Falla de equipos anteriores		Parar la producción, asegurar el área y arreglar el problema
		Falta de un motor		Sustituir el equipo dañado o repararlo

	Análisis de riesgos: Motores de combustión			Hoja 2/2
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
MENOS	Caudal de proceso	Rotura o obstrucción de la cañería	Falta de alimento de los motores, reducción de tanto la energía eléctrica producida como de las emisiones	Hacer bypass y arreglar el tramo o cambiarlo
		Falla de equipos anteriores		Parar la producción, asegurar el área y arreglar el problema
		Problema en equipos anteriores		Sustituir el equipo dañado o repararlo

	Análisis de riesgos: Horno			Hoja 1/4
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
NO	Caudal de alimento	Fallada de surtido de gas fuel	La temperatura, presión y conversión se ven disminuidas	Liberar los gases hacia los hornos, preparar la instalación y esperar a que lleguen los suministros.
		Fallada de equipos anteriores		Liberar los gases hacia los hornos, preparar la instalación y cambiar el equipo.
		Cañería dañada	La temperatura, presión se ven disminuidas, posible fuga y ignición de los reactivos y productos.	Asegurar la zona, liberar los gases hacia la antorcha o los motores, preparar la instalación y cambiarla el tramo de cañería.
	Combustión	Fallada de surtido de gas fuel	Reducción de temperatura, presión	Liberar los gases hacia los hornos, preparar la instalación y cambiar el equipo.
		Fallada de las condiciones de presión y temperatura mínimas necesarias	temperatura se verá reducida	

		Análisis de riesgos: Horno			Hoja 2/4
		Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción	
MÁS	Caudal de alimento	Fallada de los enlaces de control	Aumento desmedido de caudal de gas, posible explosión no controlada	Redirigir el exceso de gas fuel a los motores o a la antorcha	
		Fallada de la válvula de control			
		Falta suficiente de catalizador	Menor temperatura y conversión, mayor presión		
	Temperatura	fallo de la columna o del condensador	Posible causa de explosión o fuga	Asegurar la zona, liberar los gases hacia la antorcha o los motores, preparar la instalación y cambiarla el tramo de cañería.	
		Fallada de los enlaces de control			
	Presión	Fallo de la bomba	Incremento de temperatura, posible explosión no controlada		
Fallada de los enlaces de control					

	Análisis de riesgos: Horno			Hoja 3/4
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
MENOS	Caudal de alimento	Fallada del suministro de reactivos	La temperatura y presión disminuye, producción de monóxido de carbono y ausencia de oxígeno, mala combustión	Asegurar la zona, liberar los gases hacia la antorcha o los motores, preparar la instalación y cambiar el tramo de cañería.
		Fallada de los enlaces de control		
		Fallada de la válvula de control		
	Caudal de aire	Fallada del compresor	La temperatura y presión disminuye, producción de monóxido de carbono y ausencia de oxígeno, mala combustión	
		Fallada de los enlaces de control		
		Fallada de la válvula de control		
	Temperatura	Fallada de la combustión	Bajo rendimiento de la combustión	
Falta del compresor de aire				

	Análisis de riesgos: Horno			Hoja 4/4
	Planta de producción de etilbenceno			Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
MENOS	Presión	Fallada de equipos anteriores	Bajo rendimiento de la reacción	Para la entrada de reactivos, purgar los gases a tratamiento de gases y hacer un bypass y cambiar la bomba
		Obstrucción o fuga en algún tramo		Para la entrada de reactivos, purgar los gases a tratamiento de gases y revisar si hay fugas o obstrucciones.
		Fugas		Para la entrada de reactivos, purgar los gases a tratamiento de gases y hacer un bypass y cambiar la bomba
INVERSO	Caudal de entrada y salida	Fallada de la válvula	El fluido circular en sentido contrario	Redirigir el gas fuel a los motores o a la antorcha y arreglar la válvula o cambiarla
		Instalación incorrecta	No circulara caudal	Redirigir el gas fuel a los motores o a la antorcha y arreglar la válvula o cambiarla

		Análisis de riesgos: Toma de corriente, red eléctrica		Hoja 1/1
		Planta de producción de etilbenceno		Ubicación: Polígono Industrial Gases Nobles, Tarragona
Palabra clave	Variable	Causa	Consecuencia	Acción
NO	Caudal de entrada de energía eléctrica.	Pérdida de suministro eléctrico.	Detención de los equipos alimentados por suministro eléctrico.	Conectar el equipo auxiliar, grupo electrógeno, para poder suministrar la energía eléctrica necesaria a los equipos.
		Desconexión de los controles remotos.	Proceso no controlado en los parámetros críticos.	Proveer baterías adicionales en los controladores de los parámetros críticos.
MÁS	Caudal de entrada de energía eléctrica.	Sobrecarga en el suministro eléctrico.	Los equipos alimentados con energía eléctrica serán sobrecargados.	Redirigir la energía sobrante de cada equipo hacia otros o de vuelta hacia la red eléctrica.
		Instalación incorrecta.	Circulará la energía de manera descompensada en los equipos del proceso.	Redirigir el desfase de energía a otros equipos con mayor demanda eléctrica.
MENOS	Caudal de entrada de energía eléctrica.	Disminución en el suministro eléctrico.	Los equipos alimentados con suministro eléctrico no recibirán la energía demandada.	Redirigir la energía eléctrica de modo que todos los equipos reciban la demanda eléctrica.
		Instalación incorrecta.	Circulará la energía eléctrica de forma descompensada a lo largo del proceso.	Redirigir el desfase de energía a otros equipos con mayor demanda eléctrica.
INVERSO	Caudal de entrada de energía eléctrica.	Sobrecarga de algún equipo con suministro eléctrico.	Variación de la demanda eléctrica de un equipo de manera imprevista.	Proveer de accesorios para limitar la demanda eléctrica de los equipos.
		Instalación incorrecta	Cortocircuito en un equipo.	Comprobación del manual de instalación y limpieza periódica.

5. Bibliografía

1. NTP 599: Evaluación del riesgo de incendio: criterios, Consultado (13/04/2023):
https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_599.pdf/390d3910-3ad3-404b-8d12-ef93a1b7f0b
2. ORDRE APA/1588/2003, de 5 de juny, per la qual es modifiquen l'Ordre de 23 de maig de 1986 i l'Ordre d'1 juliol de 1986, sobre control i certificació de llavors de plantes oleaginosas.(«BOE»144,de17-6-2003.), consultado (15/04/2023):
https://www.boe.es/boe_catalan/dias/2003/07/16/pdfs/A02743-02748.pdf
3. Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Consultado (15/04/2023):
<https://www.boe.es/buscar/pdf/2001/BOE-A-2001-11881-consolidado.pdf>
4. Ministerio de trabajo y economía social, Riesgos Ergonómicos en el trabajo. Consultado el (16/04/2023)
<https://www.insst.es/materias/riesgos/riesgos-ergonomicos#normativa>
5. Agencia europea para la seguridad y la salud en el trabajo, CLP: clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas químicas. Consultado el (18/04/2023):
<https://osha.europa.eu/es/themes/dangerous-substances/clp-classification-labelling-and-packaging-of-substances-and-mixtures>
6. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, Regulación UE sobre productos químicos (III). Reglamento CLP: peligros físicos. Consultado (18/04/2023):
https://www.unirioja.es/servicios/sprl/pdf/REACH/NTP_880.pdf
7. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, NTP 727: Clasificación y etiquetado de productos químicos. Consultado (16/04/2023):
https://www.insst.es/documents/94886/327446/ntp_727.pdf/0ecec305-62af-421a-af3d-b1eeb6d8577c
8. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, Regulación ue sobre productos químicos (iv). Reglamento clp: peligros para la salud y para el medioambiente. Consultado (16/04/2023):
<https://www.sprl.upv.es/pdf/NTP%20881.pdf>
9. REAL DECRETO 255/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos. Consultado (19/04/2023):
<https://www.boe.es/boe/dias/2003/03/04/pdfs/A08433-08469.pdf>

10. Real Decreto 656/2017, ITC - MIE APQ 1 “Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles en recipientes fijos”. Consultado (20/04/2023):
<https://tandemhse.com/wp-content/uploads/2019/10/Reglamento-APQ-MIE-APQ-1.pdf>
11. Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. Consultado (15/04/2023):
<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2004-21216&tn=1&p=20230318#reglamento>
12. Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10. Consultado el (18/04/2023):
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2017-8755>
13. Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Última modificación en: 4 de julio de 2015. Consultado (1/05/2023). Reduperado de:
<https://www.boe.es/buscar/pdf/1997/BOE-A-1997-8668-consolidado.pdf>
14. BOE Prevención de riesgos laborales. Edición actualizada a 12 de mayo de 2023. Consultado (25/05/2023):
https://www.boe.es/biblioteca_juridica/codigos/codigo.php?id=037_Prevenccion_de_riesgos_laborales&modo=2
15. PLASEQCAT y PLASEQTA, Planes especiales de emergencia exteriores del sector químico. Consultado (01/05/2023):
https://interior.gencat.cat/ca/arees_dactuacio/proteccio_civil/plans_de_proteccio_civil/plans_de_proteccio_civil_a_catalunya/plans-especials/plaseqcat/
16. BOE 1999-15798, Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. Consultado (01/05/2023):
<https://www.boe.es/buscar/pdf/1999/BOE-A-1999-15798-consolidado.pdf>
17. BOE. Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. Consultado (01/05/2023):
<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-12099>