PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CLORURO DE VINILO

Trabajo Fin de Grado

Alba Ramírez
Eric López
Martin Moreno
Miguel Molina
Pol Serrano

Tutor: Marc Peris

VIMEPAM

UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

CAPÍTULO 5

Seguridad e higiene

Trabajo Fin de Grado

Alba Ramírez
Eric López
Martin Moreno
Miguel Molina
Pol Serrano

Tutor: Marc Peris

VIMEPAM

UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

ÍNDICE

5.1. Introducción 4

5.2. Clasificación de la planta 5

5.3. Substancias químicas 5

5.3.1. Clasificación de sustancias químicas 6

5.3.2. Envasado y etiquetado de sustancias químicas. 8

5.3.2.1. Fichas de seguridad de las sustancias químicas. 12

5.4. Síntomas, prevención i primeros auxilios. 12

5.4.1. Límites de exposición en el aire 18

5.5. Almacenamiento de sustancias químicas 19

5.5.1. Normativa de almacenaje 19

5.5.1.1. Almacenamiento de sustancias dentro de APQ-1 y APQ7 19

5.5.1.2. Clasificación de sustancias según APQ-1 20

5.5.1.3. Clasificación de sustancias según APQ-7 20

5.5.1.4. Clasificación de sustancias según APQ-6: 21

5.5.2. Cubetos de retención 22

5.5.2.1. Cubetos de retención que siguen normativa APQ-1 y APQ-7 22

5.5.2.2. Cubetos de retención que siguen normativa APQ-6 22

5.5.3. Carga, descarga y transporte 22

5.5.4. Comprobaciones de las instalaciones de almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles (ITC MIE APQ1) 25

5.5.5. Comprobaciones de las instalaciones de almacenamiento de líquidos corrosivos (ITC MIE APQ-6) 27

5.5.6. Comprobaciones de las instalaciones de almacenamiento de líquidos tóxicos (ITC MIE APQ7) 29

5.6. Clasificación de los riesgos y principales riesgos de la industria 31

5.6.1. Riesgo de explosión 31

5.6.2. Riesgo de incendio. 31

5.6.3. Riesgo de fuga 32

5.6.4. Riesgos ergonómicos 32

5.7. Protección contra incendios 33

5.7.1. Clasificación de incendios 34

5.7.2. Clasificación de las áreas según riesgo de incendio 34

5.7.2.1. Nivel intrínseco y densidad de carga de fuego 34

5.7.2.2. Triángulo y tetraedro del fuego: 36

5.7.3. Acciones de extinción: 37

5.7.4. Fuentes y causas del fuego y explosión en la planta: 37

5.7.4.1. Fuentes combustibles 37

5.7.4.2. Fuentes de ignición 38

5.7.4.3. Fuentes de oxígeno 38

5.7.5. Detectores de incendios 38

5.7.5.1. Detección automática 39

5.7.5.2. Sistemas manuales de alarma 41

5.7.6. Agentes extintores 42

5.7.6.1. Agua 42

5.7.6.2. Espuma 43

5.7.6.3. Polvo químico seco 43

5.7.6.4. Anhídrido carbónico de CO2 43

5.7.6.5. Tabla de adecuación de los extintores 44

5.7.7. Protección activa contra los incendios 44

5.7.7.1. Elección de protectores activos en los tanques y los equipos del proceso 45

5.7.8. Protección pasiva contra los incendios 47

5.7.9. Abastecimiento de agua contra incendios. 48

5.7.9.1. Balsa contra incendios 48

5.8. Señalización 49

5.8.1. Normativa vigente 49

5.8.2. Colores de seguridad 50

5.8.3. Señales en forma de panel 51

5.9. Higiene 55

5.9.1. Limpieza 55

5.9.2. Sanidad en la planta 55

5.9.3. Higiene personal 55

5.10. Equipos de protección individual (EPI's) 56

5.10.1. Descripción de los diferentes EPI's 56

1.1.1 Cantidad y utilización de EPI's en planta 58

1.2 Plan de emergencia 59

5.10.2. Plan de emergencia externo 60

5.10.2.1. Informe de seguridad: 61

5.10.2.2. Plan de emergencia interno 61

5.11. Clasificación zonas ATEX 66

5.11.1. Sectorización de la planta 66

5.12. Análisis de riesgo 69

5.12.1. Análisis HAZOP 69

5.12.2. Palabras guía 70

5.13. Bibliografía 97

1 Introducción

Una de las partes más importantes de una planta es la seguridad que se da en ella misma. Ya que al ser industria química y tratar con materiales de peligro esta tiene que ser fiable y de confianza. Para que la planta sea segura se tiene que analizar, planificar e implementar un sistema de seguridad que garantice el buen funcionamiento de la planta, y en caso de accidente que lo minimice al máximo.

Una planta química consta de diferentes zonas donde hay diferentes etapas de la producción del productor en cuestión. Es por esto, que no solamente es importante establecer sistemas de seguridad no solamente por el tipo de planta que se tiene, sino también por el proceso, la área y la sustancia que intervienen en cada zona.

En la industria química normalmente no se dan muchas situaciones de riesgo. Pero si ocurre un accidente puede tener un gran abasto y tener efectos graves sobre personas y la propia empresa en sí. Es por ello por lo que en cualquier empresa y especialmente en plantas químicas, todos y cada uno de los integrantes de la plantilla deben tener conocimientos suficientes de las normas de seguridad en todo momento e ir con el equipamiento necesario para asegurar su seguridad en todo momento.

La parte de seguridad laboral de este documento tiene como fin hacer un estudio de las condiciones laborales de los trabajadores. En concreto es usado para prevenir y proteger los riesgos y los accidentes que puedan suceder.

La parte de higiene laboral intenta prevenir y evitar cualquier patología provocada por los agentes químicos y físicos que se traten en la planta, para garantizar la salud y el bienestar de cada trabajador que se ven expuestos a estos mismos.

En este apartado se hará referencia a todas las normas, leyes y directrices que se siguen para poder formar la seguridad de nuestra planta.

2 Clasificación de la planta

El real decreto 100/2011 establece las consideraciones de prevención, vigilancia y reducción de la contaminación atmosférica con el objetivo de evitar efectos perjudiciales para las personas y el entorno medioambiental que envuelve las industrias químicas.

Por este motivo se clasifica la actividad que hace la planta para la producción de cloruro de vinilo en una de las categorías que establece la normativa anteriormente mencionada.

Esta clasificación que se establece en el real decreto, denominada CAPCA, se estructura en 4 dígitos que establecen diferentes conceptos. Los dos primeros dígitos sirven para detallar el sector el cual está considerada la planta de producción VIMEPAM.

A continuación, se detallan los dos primeros dígitos:

- 01 Combustión en el sector de producción y transformación de energía.
- 02 Combustión en sectores no industriales.
- 03 Procesos industriales con combustión.
- 04 Procesos industriales sin combustión.
- 05 Extracción y distribución de combustibles fósiles.
- 06 Uso de disolventes y otros productos.
- 07 Medios de transporte por carretera.
- 08 Otros medios de transporte y maquinaria móvil.
- 09 Tratamiento y eliminación de residuos.
- 10 Agricultura y ganadería.

El grupo el cual la planta VIMEPAM quedaría emplazada sería el grupo 4,ya que en nuestro proceso de formación de cloruro de vinilo en ninguna etapa principal se da una fase de combustión.

3 Substancias químicas

En la planta química VIMEPAM las sustancias con las que se trabaja serán detalladas y clasificadas para que se puedan usar de forma segura y se sepa todos los peligros que conlleva el uso de estas sustancias.

Las sustancias presentes en el proceso de producción de cloruro de vinilo serán:

- Materias primas: Cloruro de hidrogeno (HCl) y Acetileno (C_2H_2)

- Catalizador: Dicloruro de mercurio ($HgCl_2$)
- Subproductos: 1,2-dicloroetano ($ClCH_2CH_2Cl$)
- Productos: Cloruro de vinilo ($H_2C=CHCl$), Ácido clorhídrico (Agua + HCl 30%)
- Inertes: Nitrógeno (N_2)
- Servicios: Agua, n,n-Dimetilformamida, Dowtherm A, nitrógeno

3.1 Clasificación de sustancias químicas

Las sustancias químicas pueden clasificarse de tres modos: según los peligros físicos, según el peligro que suponen para la salud y según el peligro que suponen para el medio ambiente. A continuación, se muestran dichas clasificaciones con definiciones y características importantes para tener en cuenta y con los símbolos utilizados para representar cada categoría mencionada.

Peligros físicos:

- **Inflamabilidad:**

La inflamabilidad es un indicador de la facilidad que la sustancia es capaz de inflamarse a presiones y temperaturas altas. En función de su grado de inflamabilidad se puede clasificar en tres categorías diferentes:

  - Categoría 1: Sustancias extremadamente inflamables.
  - Categoría 2: Sustancias muy inflamables.
  - Categoría 3: Sustancias inflamables.

- **Comburente:**

Las sustancias son comburentes cuando son capaces de poderse oxidar una a la otra. Su clasificación se separa según el estado físico en el que están. Los gases se encuentran en la categoría 1 y, los líquidos y los sólidos dependiendo de su peligrosidad se reparten entre las tres categorías siendo la primera la más peligrosa.

  - Categoría 1 y 2: Sustancias que pueden provocar o empeorar un incendio.
  - Categoría 3: Sustancias que pueden empeorar un incidente

- **Gases a presión:**

Son los gases que conllevan un riesgo en la forma de su almacenamiento debido a la presión que están sometidos para poder ser transportados o almacenados de forma eficiente. Esta categoría no tiene categorías propiamente dichas, pero se diferencian según si el gas conlleva un riesgo de explosión o si puede conllevar peligro de quemaduras debido a las bajas temperaturas de almacenamiento.

- **Explosivas:**

Sustancias sólidas, líquidas que con o sin oxígeno atmosférico pueden reaccionas de forma exotérmica con una rápida formación de gases y que en condiciones específicas detonan, deflagran rápidamente. También si están sometidas a calor y están confinadas pueden explotar.

Peligros para la salud humana:

- **Advertencia:**

Las señales de advertencia dan información sobre un peligro a tener en cuenta ya que el producto o material puede provocar irritaciones o algunos síntomas nocivos para la salud de las personas que se ven expuestas. Esta señal se divide en 4 subcategorías:

  - Categoría 1: Provoca síntomas de enfermedades, alergias, etc.
  - Categoría 2: Puede provocar irritaciones graves para las personas.
  - Categoría 3: Provoca efectos nocivos específicos como irritación del gastro intestinal al ingerirla.
  - Categoría 4: Provoca efectos nocivos con el contacto de la piel o su ingestión.

- **Cancerígeno:**

Es la propiedad de provocar cáncer que tiene la sustancia en cuestión. Hay tres categorías:

  - Categorías 1ª y 1B: Pueden provocar cáncer (Siendo la A la más peligrosa)
  - Categoría 2: Sospechas de que pueda provocar cáncer.

- **Corrosión:**

Es una sustancia que puede destruir o dañar irreversiblemente otra superficie o sustancia con la cual entra en contacto de forma química. Este peligro no tiene subdivisiones debido a su peligrosidad.

- **Mutagénico:**

Es la capacidad de la sustancia de poder alterar el ADN de un ser vivo que haya tenido contacto con ella. Es un factor muy importante debido a que las mutaciones son irreversibles y de carácter muy dañino. Se clasifican en tres categorías:

  - Categoría 1A y 1B: Puede provocar defectos genéticos.
  - Categoría 2: Sospechas de que pueda provocar efectos genéticos.

- **Toxicidad:**

La toxicidad es la capacidad de alguna sustancia química de producir efectos perjudiciales sobre un ser vivo, al entrar en contacto con él. Hay tres tipos de toxicidad debido a tres tipos de contacto diferentes. Son el contacto oral, cutáneo y por inhalación.

Según el grado de toxicidad de la sustancia se clasifica en una de estas tres categorías.

- Categoría 1 y 2: Mortal en caso de contacto (T^+, T)
- Categoría 3: Tóxico en caso de contacto, pero sin ser mortal. (Xn)

3.2 Envasado y etiquetado de sustancias químicas.

Los envases que contienen sustancias químicas peligrosas para comercializar deben de seguir unas normas (RD 363/1995) con la finalidad de evitar y reducir posibles accidentes y peligros. El etiquetado también sirve para controlar y conocer el tipo de sustancia que se contiene.

Dichas condiciones son las que se detallan a continuación:

- ✓ Los envases deben de estar diseñados de tal modo que se eviten pérdidas.
- ✓ Los materiales que forman los envases deben ser inertes con el producto que contiene.
- ✓ Los envases y cierres deberán ser fuertes y sólidos.
- ✓ Los envases que se cierren mediante cierres de más de un uso deberán ser resistentes para poder usarlos varias veces y garantizar la no pérdida de contenido.
- ✓ Las sustancias muy tóxicas, tóxicas o corrosivas, deberán disponer de un cierre de seguridad para niños y llevar una indicación de peligro detectable al tacto.
- ✓ Las sustancias nocivas, extremadamente inflamables o fácilmente inflamables que puedan llegar al público en general deberán disponer de una indicación de peligro detectable al tacto.

Las etiquetas estarán redactadas en el idioma oficial del país y deberá contener la siguiente información:

1. Nombre de la sustancia: Se utilizará la nomenclatura utilizada en el EINECS (inventario europeo de sustancias comercializadas existentes) o en el ELINCS (Inventario de sustancias notificadas). Si no aparece en ellos se empleará la nomenclatura química reconocida internacionalmente (ISO o IUPAC).
2. Símbolos e indicaciones de peligro.
3. Frases H: que permiten identificar y complementar determinados riesgos siendo explicados en su descripción.

4. Frases P: A través de consejos establecen medidas preventivas para la manipulación y utilización de dichas sustancias.
5. Número de registro CE (si la tiene)
6. Nombre, dirección y teléfono del fabricante.

Frases H i frases P:

Las frases H (Abreviatura de Hazard) indican un peligro o riesgo complementario a los que ya indican los pictogramas en el etiquetado del envase. En el anexo se detallan todas las frases H que existen. A continuación, se mostrarán en una tabla todas las frases H de cada materia o producto característico que se emplea en el proceso:

Catalizador:

Tabla 5. 3-1 Frases H y P del catalizador, $HgCl_2$

Mercury chloride (II)						
Code	Hazard statements	Hazard class	Category	Signal word	Pictogram	P-Codes
H300	Fatal if swallowed	Acute toxicity, oral	Category 1, 2	Danger		P264, P270, P301+P310, P321, P330, P405, P501
H314	Causes severe skin burns and eye damage	Skin corrosion/irritation	Category 1A, B, C	Danger		P260, P264, P280, P301+P330+ P331, P303+P361+P353, P363, P304+P340, P310, P321, P305+ P351+P338, P405, P501
H341	Suspected of causing genetic defects	Germ cell mutagenicity	Category 2	Warning		P201, P202, P281, P308+P313, P405, P501
H361	Suspected of damaging fertility or the unborn child	Reproductive toxicity	Category 2	Warning		P201, P202, P281, P308+P313, P405, clorP501
H372	Causes damage to organs through prolonged or repeated exposure	Specific target organ toxicity, repeated exposure	Category 1	Danger		P260, P264, P270, P314, P501

H400	Very toxic to aquatic life	Hazardous to the aquatic environment, acute hazard	Category 1	Warning		P273, P391, P501
H410	Very toxic to aquatic life with long lasting effects	Hazardous to the aquatic environment, long-term hazard	Category 1	Warning		P273, P391, P501

Producto :

Tabla 5. 3-2 Frases H y P del producto, cloruro de vinilo.

Vinyl Chloride						
Code	Hazard statements	Hazard class	Category	Signal word	Pictogram	P-Codes
H220	Extremely flammable gas	Flammable gases	Category 1	Danger		P210, P377, P381, P403
H225	Highly Flammable liquid and vapor	Flammable liquids	Category 2	Danger		P210, P233, P240, P241, P242, P243, P280, P303+ P361+P353, P370+P378, P403+P235, P501
H280	Contains gas under pressure; may explode if heated	Gases under pressure	Compressed gas Liquefied gas Dissolved gas	Warning		P410+P403
H350	May cause cancer	Carcinogenicity	Category 1A, 1B	Danger		
H370	Causes damage to organs	Specific target organ toxicity, single exposure	Category 1	Danger		P260, P264, P270, P307+P311, P321, P405, P501

Subproducto:

Tabla 5. 3-3 Frases H y P del subproducto 1,2-dicloroetano.

1,2-Dichloroethane						
Code	Hazard statements	Hazard class	Category	Signal word	Pictogram	P-Codes
H225	Highly Flammable liquid and vapour	Flammable liquids	Category 2	Danger		P210,P233, P240, P241, P242, P243,P280, P303+ P361+P353, P370+P378,P403+P235, P501
H302	Harmful if swallowed	Acute toxicity,oral	Category 4	Warning		P264, P270, P301+P312, P330, P501
H315	Causes skin irritation	Skin corrosion/irritation	Category 2	Warning		P264, P280, P302+P352, P321,P332+P313, P362
H319	Causes serious eye irritation	Serious eye damage/eye irritation	Category 2A	Warning		P264, P280, P305+P351+ P338, P337+P313P
H331	Toxic if inhaled	Acute toxicity,inhalation	Category 3	Danger		P261, P271, P304+P340, P311, P321, P403+P233, P405, P501
H335	May cause respiratory irritation	Specific target organ toxicity, single exposure;Respiratory tract irritation	Category 3	Warning		
H350	May cause cancer	Carcinogenicity	Category 1A, 1B	Danger		
H370	Causes damage to organs	Specific target organ toxicity, single exposure	Category 1	Danger		P260, P264, P270, P307+P311, P321, P405, P501

En el anexo[5] se detallan todas las frases P que existen.

3.2.1 Fichas de seguridad de las sustancias químicas.

Las fichas de seguridad (FDS) constituyen un sistema básico y complementario del etiquetado, donde se recogen aspectos preventivos y/o de emergencia a tener en cuenta. El responsable de la comercialización de un producto químico debe facilitar al destinatario la ficha de seguridad de forma gratuita y con la primera entrega o incluso antes de recibir el producto para que tome las medidas de seguridad necesarias.

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

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

En el anexo[8] se pueden ver todas las fichas de seguridad tanto de materias y productos en el proceso como servicios necesarios para la reacción,

4 Síntomas, prevención i primeros auxilios.

A continuación, se muestran los síntomas, prevención y primeros auxilios para cada afectación física prevista en las fichas de seguridad de las materias (ver el anexo y ver apartado 1.3.3 para ver la explicación). Las posibles afectaciones físicas pueden ser la inhalación, el contacto con la piel o los ojos y para finalizar la ingestión de las materias. Toda esta información se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 5. 4-1 Tabla de síntomas, prevención y primeros auxilios por la inhalación de las sustancias.

Inhalación			
	Síntomas	Prevención	Primeros auxilios
Acetileno	Vértigo. Embotamiento. Dolor de cabeza. Asfixia.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica
Cloruro de hidrogeno	Corrosivo. Sensación de quemazón. Tos. Dificultad respiratoria. Jadeo. Dolor de garganta. Síntomas no inmediatos	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semi-incorporado. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
Cloruro de vinilo	Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Dicloruro de mercurio	Tos. Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Jadeo.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semi-incorporado. Proporcionar asistencia médica.
Dicloruro de 1,2-etileno	Dolor abdominal. Tos. Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas. Dolor de garganta. Pérdida del conocimiento. Vómitos. Síntomas no inmediatos.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semi-incorporado. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
N,N-Dimetilformamida	Dolor abdominal. Diarrea. Nauseas. Vómitos. Rubefacción facial.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Nitrógeno	Debilidad, pérdida del conocimiento, asfixia.	Ventilación.	Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicada proporcionar asistencia médica.
Ácido clorhídrico 30%	Irritación y quemaduras de las vías respiratorias. Dolor de garganta, tos. Puede producir un edema pulmonar.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Retirar el afectado de la zona contaminada llevándolo a un lugar ventilado, abrigado, tendido y en reposo. Si no respira realizar la respiración aritificial. Si respira con dificultad aplicar oxígeno. Acudir a un médico.

Tabla 5. 4-2 Tabla de síntomas, prevención y primeros auxilios por el contacto con la piel de las sustancias.

Contacto con piel			
	Síntomas	Prevención	Primeros auxilios
Acetileno	No hay especificaciones	No hay especificaciones	No hay especificaciones
Cloruro de hidrógeno	En contacto con líquido: Congelación. Corrosivo. Quemaduras cutáneas graves. Dolor.	Guantes aislantes del frío. Traje de protección.	Aclarar con agua abundante, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo. Proporcionar asistencia médica.
Cloruro de vinilo	En contacto con el líquido: Congelación	Guantes de protección. Guantes aislantes del frío. Traje de protección.	En caso de congelación: aclarar con agua abundante. NO quitar la ropa
Dicloruro de mercurio	¡Puede absorberse! Enrojecimiento. Dolor. Ampollas. Quemaduras cutáneas	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
Dicloruro de 1,2-etileno	Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón. Proporcionar asistencia médica.
N,N-Dimetilformamida	Puede absorberse.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón. Proporcionar asistencia médica.
Nitrógeno	-	-	-
Ácido clorhídrico 30%	Irritación de la piel. Puede provocar graves quemaduras y ulceraciones. Riesgo de dermatitis en caso de contacto continuado.	Guantes de protección. Traje de protección.	Lavar inmediatamente la zona afectada con mucha agua durante 15 minutos como mínimo mientras se quita la ropa contaminada el calzado. Acudir de inmediato a un médico.

Tabla 5. 4-3 Tabla de síntomas, prevención y primeros auxilios por el contacto con los ojos con las sustancias.

Ojos			
	Síntomas	Prevención	Primeros auxilios
Acetileno	No hay especificaciones	No hay especificaciones	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica
Cloruro de hidrógeno	Corrosivo. Dolor. Visión borrosa. Quemaduras profundas graves.	Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Cloruro de vinilo	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Dicloruro de mercurio	Dolor. Enrojecimiento. Visión borrosa. Quemaduras profundas graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Dicloruro de 1,2-etileno	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa.	Gafas ajustadas de seguridad, pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
N,N-Dimetilformamida	Enrojecimiento, dolor.	Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.

Nitrógeno	-	-	-
Ácido clorhídrico 30%	Irritación y quemaduras de la córnea. Sensibilización dolorosa a la luz.	Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con protección respiratoria	Lavado inmediato y abundante con agua corriente (mínimo durante 30 minutos). Usar soluciones oftálmicas tópicas. Consultar oftalmólogo.

Tabla 5. 4-4 Tabla de síntomas, prevención y primeros auxilios por la ingestión de las sustancias.

Ingestión			
	Síntomas	Prevención	Primeros auxilios
Acetileno	-	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	-
Cloruro de hidrogeno	La ingestión no está considerada como una vía potencial de exposición		
Cloruro de vinilo	-	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	-
Dicloruro de mercurio	Calambres abdominales. Dolor abdominal. Sensación de quemazón. Gusto metálico. Diarrea. Náuseas. Dolor de garganta. Vómitos. Shock o colapso	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca. Dar a beber una papilla de carbón activado en agua. Proporcionar asistencia médica.
Dicloruro de 1,2-etileno	Calambres abdominales. Diarrea.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	No dar nada a beber. Proporcionar asistencia médica.
N,N-Dimetilformamida	No hay información.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar boca.
Nitrógeno	-	-	-
Ácido clorhídrico 30%	Ingestión y quemaduras del tracto digestivo. Hemorragias internas.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	No inducir al vómito. Si la persona esta consciente y no tiene convulsiones. Enjuagar la boca con agua y darle de beber manteniéndolo abrigado. Si tiene convulsiones mantenerlo en reposo, no dar de beber ni comer.

4.1 Límites de exposición en el aire

Los límites de exposición en el aire son aquellas cantidades límite de las sustancias que se pueden encontrar en suspensión con el gas en las cuales un ser humano está seguro de no tener efectos secundarios.

A continuación, os mostramos los límites de exposición de los reactivos, producto, subproductos, inerte y finalmente el catalizador.

Tabla 5. 4-5 Límites de exposición de las sustancias para las personas.

Sustancia	TLV
Cloruro de hidrogeno	2 ppm
Acetileno	Asfixiante simple, no tiene límite
Cloruro de vinilo	1 ppm
1,2-dicloroetano	10 ppm
Ácido clorhídrico	5ppm (7.6 mg/m3)
Nitrógeno	Asfixiante simple, no tiene límite
Dicloruro de mercurio	0.025 mg/m3
N,N-dimetilformamida	10 ppm

Definición de TLV:

Los Valores Límite Umbral (Threshold Limit Values(TLV)), se han desarrollado como guías para la ayuda en el control de los riesgos a la salud. Los valores TLVs hacen referencia a concentraciones de sustancias que se encuentran en suspensión en el aire. Así mismo, representan condiciones debajo de las cuales se cree que caso todos los trabajadores pueden exponerse repetidamente día tras día a la acción de tales concentraciones sin sufrir efectos adversos para la salud.

5 Almacenamiento de sustancias químicas

5.1 Normativa de almacenaje

A continuación, se enumeran las normativas a seguir para el correcto almacenamiento de los productos químicos. Este almacenamiento es fundamental para la prevención de posibles riesgos que se puedan producir en el entorno.

El almacenamiento de sustancias químicas está regulado por el Real decreto 2060/2008 de Equipos a presión y el Real decreto de 379/2001, reglamento de almacenamiento de productos químicos y las instrucciones técnicas.

- MIE-APQ-1 "Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles".
- MIE-APQ-2 “Almacenamiento de óxido de etileno en recipientes fijos”.
- MIE-APQ-3 “Almacenamiento de cloro”.
- MIE-APQ-4 “Almacenamiento de amoníaco anhidro”.
- MIE-APQ-5 “Almacenamiento y utilización de bombonas de gas comprimido, licuados y disueltos a presión”.
- MIE-APQ-6 “Almacenamiento de líquidos corrosivos”.
- MIE-APQ-7 “Almacenamiento de líquidos tóxicos en recipientes fijos”.
- MIE-APQ-8 “Almacenamiento de fertilizantes a base de nitrato amónico con alto contenido en nitrógeno”.
- MIE-APQ-9 “Almacenamiento de peróxidos orgánicos y de materias autor reactivas”.
- MIE-APQ-10 “Almacenamiento en recipientes móviles.”

5.1.1 Almacenamiento de sustancias dentro de APQ-1 y APQ7

La única sustancia que se aplica la normativa APQ-1 en el almacenamiento de esta sustancia también se da el caso que la normativa APQ-7 también se tiene que aplicar. La normativa APQ-1 sirve para regular el almacenamiento de los líquidos inflamables. La normativa APQ-7 sirve para regular el almacenamiento de sustancias tóxicas. Entonces el almacenaje del 1,2-diclroetano tiene que cumplir ambas normativas para que sea legal su almacenamiento.

Siempre el factor más restrictivo prevalecerá si existe un conflicto entre ellas.

5.1.2 Clasificación de sustancias según APQ-1

A continuación, se muestra una tabla se encuentra la clasificación de líquidos inflamables que hace la normativa. Según la temperatura a que se los almacena pueden ser considerados como:

- Clase A: Productos licuados cuya presión absoluta de vapor a 15ºC sea superior a 1 bar.
    - Subclase A1: Productos de la clase A que se almacenan licuados a una temperatura inferior a 0ºC.
    - Subclase A2: Productos de la Clase A que se almacenan licuados en otras condiciones
- Clase B: Productos cuyo punto de inflamación es inferior a 55ºC y no están comprendidos en la clase A.

  Según su punto de inflamación pueden ser considerados como:
    - Subclase B1: Productos de clase B cuyo punto de inflamación es inferior a 38 grados.
    - Subclase B2: Productos de clase B cuyo punto de inflamación es igual o superior a 38ºC y inferior a 55ºC.
- Clase C: Productos cuyo punto de inflamación está comprendido entre 55ªC y 100ºC.
- Clase D: Productos cuyo punto de inflamación es superior a 100ºC.

Tabla que clasifica las sustancias que se rigen por la normativa APQ-1 en la planta VIMEPAM:

Tabla 5. 5-1 Clasificación de las sustancias según la normativa APQ-1.

Producto	Clase	Subclase
Acetileno	A	A2
1,2-dicloroetano	B	B2
Cloruro de vinilo	A	A2

5.1.3 Clasificación de sustancias según APQ-7

Se establecen tres clases de líquidos tóxicos, las cuales son las siguientes:

- Clase T+: muy tóxicos
- Clase T: tóxicos
- Clase Xn: Nocivos

La catalogación de las sustancias en la clasificación se efectuará mediante la determinación de toxicidad aguda de la sustancia sobre los animales, expresada en dosis letal (DL50) o concentración letal (CL50), tomando los valores establecidos en la legislación vigente sobre clasificación de las sustancias peligrosas. Esta información se puede encontrar en las fichas de

seguridad. A continuación, se indican las sustancias que entrarían dentro de este tipo de normativa.

Tabla 5. 5-2 Clasificación de las sustancias según la normativa APQ-7.

Clase	Sustancias
T+	Dicloruro de mercurio
T	1,2-dicloroetano, cloruro de vinilo, cloruro de hidrógeno
Xn	No hay en la planta

5.1.4 Clasificación de sustancias según APQ-6:

Hay tres clases de corrosivos según la normativa APQ-6

Corrosivos clase A: Estas son las más corrosivas. Estas producen la necrosis perceptible en el tejido cutáneo en el lugar de aplicación, al aplicarse con un periodo de tiempo de tres minutos como máximo.

Corrosivos clase B: Sustancias corrosivas que provocan una necrosis perceptible en el tejido cutáneo en el lugar de aplicación, con un tiempo comprendido entre los tres minutos y los sesenta minutos.

Corrosivos clase C: Sustancias con un grado de corrosividad menor. Provocan una necrosis en el tejido cutáneo en el lugar de aplicación, por un periodo de tiempo a partir de una hora y hasta cuatro horas como máximo. También pertenecen a este grupo los corrosivos que no son peligrosos para la piel, pero son corrosivos al acero al carbono o aluminio. (velocidad superior de 6.25 mm/año a 55ºC).

Tabla 5. 5-3 Clasificación de las sustancias según la normativa APQ-6.

Clase	Sustancias
Clase A	Ácido clorhídrico
Clase B	Cloruro de hidrogeno
Clase C	1,2-dicloroetano

5.2 Cubetos de retención

Las medidas de los cubetos han sido calculados dependiendo del material a almacenar. Las leyes que se han utilizado son la APQ-1, APQ-6 y la APQ-7.

5.2.1 Cubetos de retención que siguen normativa APQ-1 y APQ-7

Para calcular la medida del cubeto de cloruro de vinilo y del subproducto 1,2-dicloroetano se utilizará las medidas más restrictivas de las dos normativas.

La altura máxima permitida del muro del cubeto es de 1.8m sin aplicar excepciones, por tanto, se escoge una altura de 1m, siendo el área total del cubeto.

El volumen de los dos tanques de cloruro de vinilo es de 310 metros cúbicos aproximadamente, entonces su cubeto que juntará los dos tanques será de un metro de altura, 18 metros de largo y 18 metros de ancho.

El volumen del tanque del 1,2-dicloroetano es de 23 metros cúbicos. Entonces, el cubeto tendrá las medidas de 1m de altura, 5m de largo y 5m de ancho.

5.2.2 Cubetos de retención que siguen normativa APQ-6

Los recipientes fijos para almacenamiento de líquidos corrosivos exteriores o dentro de edificios deberán disponer de un cubeto de retención, que podrá ser común a varios recipientes. En la planta VIMEPAM el tanque de ácido clorhídrico cumple con esta normativa.

No deberán estar en el mismo cubeto recipientes con productos que presenten reacciones peligrosas o que puedan reducir por debajo de los mínimos las exigencias mecánicas de diseño del resto de las instalaciones.
La distancia mínima horizontal entre la pared mojada del recipiente y el borde interior de la coronación del cubeto será igual o superior a 1 m.

El volumen del tanque de ácido clorhídrico es de 13 metros cúbicos. Entonces las medidas del cubeto serán un metro de altura por normativa, cuatro metros de anchura y cuatro metros de largo.

5.3 Carga, descarga y transporte

Para efectuar la carga y descarga de productos que estén en las normativas APQ los vehículos tendrán que estacionarse en una zona donde haya un pendiente de un 1% hacia los sumideros de evacuación. De tal forma que cualquier derrame accidental fluya rápidamente hacia ellos. El sumidero estará conectado a la red de aguas residuales que termina en un tanque de almacenaje. Los cargaderos de camiones se realizarán con el motor del camión parado para evitar fuentes de ignición.

Los vehículos destinados al transporte de sustancias químicas peligrosas llevan colocados unos paneles indicadores de la sustancia que están transportando. Estos son unos paneles de fondo naranja con rebordes negros y son reflectantes para poder verlos en todo momento. Llevan una numeración que indica el tipo de material que se transporta y el peligro que puede suponer en caso de accidente. Este tipo de numeración es el código ADR (european Agreement concerning the international Carriage of Dangerous goods by road).

Las dimensiones habituales de los paneles son de 30x40 cm y llevan incorporadas dos numeraciones. El significado de las numeraciones se describe a continuación.

La primera numeración puede estar compuesta por dos o tres cifras. La primera cifra indica el peligro principal de la sustancia. Dicho peligro se indica a partir de los siguientes números y sus respectivos significados:

Número 2: Gas a presión

Número 3: Líquido inflamable o gases y vapores combustibles.

Número 4: Sólido

Número 5: Materia comburente o peróxido orgánico

Número6: Materia tóxica

Número 7: Radioactividad

Número 8: Corrosivo

Número 9: Peligro por reacción espontánea

Las dos últimas cifras indica peligros secundarios y se detallan a continuación:

Número 0: Sin significado

Número 1: Explosivo

Número 2: Emanación de gases

Número 3: Inflamable

Número 5: Propiedades comburentes

Número 6: Toxicidad

Número 8: Corrosividad.

Número 9: Peligro de reacción violenta resultante de la descomposición espontanea o de polimerización.

La segunda numeración de los paneles está formada por cuatro cifras y ésta es una identificación del producto. Esta enumeración se conoce como la identificación ONU.

A continuación, se muestran las placas ADR de las materias que intervienen en nuestro proceso:

Acetileno disuelto

239
1001

Ácido clorhídrico:

80
1789

1,2-dicloroetano:

336
1184

Cloruro de hidrogeno:

268
1050

N,N-Dimetilformamida;

30
2265

Cloruro de vinilo:

239
1086

Dicloruro de mercurio:

60
1624

5.4 Comprobaciones de las instalaciones de almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles (ITC MIE APQ1)

A continuación, se muestra una tabla con las comprobaciones que se tienen que hacer en los tanques donde se almacenan líquidos inflamables y la normativa que siguen y el tiempo que se han de hacer estas comprobaciones.

Comprobaciones	Disposición normativa	Tipo de comprobación	Periodicidad
Comprobar la conformidad de la instalación con los preceptos de la ITC MIE APQ 1, o, en su caso, con los términos de la autorización previstos en la disposición adicional primera del RAPQ.	Art. 4 RAPQ	Control de la instalación	Cada 5 años
Comprobar que se han realizado las correspondientes revisiones periódicas previstas en la ITC MIE APQ1.	Art. 4 RAPQ	Control de la instalación	Cada 5 años
Comprobar visualmente que los cubetos y recipientes se encuentran en buen estado y libres de fugas.	Art. 56 ITC MIE APQ1	Revisión periódica	Anual
Comprobar que se ha realizado la prueba de estanqueidad de los recipientes, conforme el código o procedimiento de reconocido prestigio.	Art. 4 RAPQ	Control de la instalación	Cada 5 años
Comprobar los recipientes a los que sea de aplicación la normativa de equipos a presión son sometidos a las inspecciones oportunas.	Normativa equipos a presión	Inspección periódica	Según normativa de equipos a presión
En caso de que la instalación disponga de protección catódica, comprobar que se encuentra en buen estado y está asegurada la continuidad eléctrica.	Art. 56 ITC MIE APQ1	Revisión periódica	Anual
Comprobar visualmente que las cimentaciones de los recipientes se encuentran en buen estado.	Art. 56 ITC MIE APQ1	Revisión periódica	Anual
Comprobar visualmente que el vallado y cerramiento de las instalaciones se encuentran en buen estado.	Art. 56 ITC MIE APQ1	Revisión periódica	Anual

Comprobar visualmente que los drenajes, bombas, equipos e instalaciones auxiliares se encuentran en buen estado.	Art. 56 ITC MIE APQ1	Revisión periódica	Anual
En caso de no existir un documento justificativo de haber efectuado pruebas periódicas por el servicio de mantenimiento de la planta, verificar el adecuado funcionamiento de los venteos.	Art. 56 ITC MIE APQ1	Revisión periódica	Anual
Comprobar visualmente que las paredes de los recipientes y tuberías se encuentran en buen estado y, en caso de encontrar algún deterioro, comprobar mediante medición que el espesor de las mismas no se ha visto afectado.	Art. 56 ITC MIE APQ1	Revisión periódica	Anual
Comprobar la reserva de agua.	Art. 56 ITC MIE APQ1	Revisión periódica	Anual
Comprobar la reserva de espumógeno y que se dispone de copia de resultado de análisis de calidad.	Art. 56 ITC MIE APQ1	Revisión periódica	Anual
Comprobar el correcto funcionamiento de los equipos de las bombas.	Art. 56 ITC MIE APQ1	Revisión periódica	Anual
Comprobar el adecuado funcionamiento de los sistemas de refrigeración.	Art. 56 ITC MIE APQ1	Revisión periódica	Anual
Comprobar el correcto funcionamiento de las alarmas.	Art. 56 ITC MIE APQ1	Revisión periódica	Anual
Comprobar que se dispone de los extintores necesarios, que se encuentran en buen estado y han sido revisado.	Art. 56 ITC MIE APQ1	Revisión periódica	Anual
Comprobar el ignifugado de los elementos críticos de la instalación.	Art. 56 ITC MIE APQ1	Revisión periódica	Anual

Comprobar el correcto estado de las mangueras y acoplamientos.	Art. 56 ITC MIE APQ1	Revisión periódica	Anual
En los almacenamientos de productos que puedan polimerizarse, verificar que las válvulas, filtros y puntos muertos no están obstruidos.	Art. 56 ITC MIE APQ1	Revisión periódica	Anual
Comprobar el correcto funcionamiento de las duchas y lavaojos.	Art.54.4 ITC MIE APQ6	Revisión periódica	Semanal
Comprobar periódicamente los equipos de protección personal.	Art. 54.4 ITC MIE APQ6	Revisión periódica	Según plan de revisiones
Comprobar el adecuado estado y correcto funcionamiento de los equipos y sistemas de protección contra incendios.	Art. 54.54 ITC MIE APQ6	Revisión periódica	Según plan de revisiones

5.5 Comprobaciones de las instalaciones de almacenamiento de líquidos corrosivos (ITC MIE APQ-6)

Tabla 5. 5-4 Comprobaciones de los tanques de sustancias que se rigen por la normativa APQ-6

Comprobaciones	Disposición normativa	Tipo de comprobación	Periodicidad
Comprobar la conformidad de la instalación con los preceptos de la ITC MIE APQ 6, o, en su caso, con los términos de la autorización previstos en la disposición adicional primera del RAPQ.	Art. 4 RAPQ	Control de la instalación	Cada 5 años
Comprobar que se han realizado las correspondientes revisiones periódicas previstas en la ITC MIE APQ6.	Art. 4 RAPQ	Control de la instalación	Cada 5 años
Comprobar que se ha realizado la prueba de estanqueidad de los recipientes, conforme el código o procedimiento de reconocido prestigio.	Art. 4 RAPQ	Control de la instalación	Cada 5 años
Comprobar los recipientes a los que sea de aplicación la normativa de equipos a presión son sometidos a las inspecciones oportunas.	Normativa equipos a presión	Inspección periódica	Según normativa de equipos a presión

Comprobar visualmente que los cubetos y recipientes se encuentran en buen estado y libres de fugas.	Art.30 ITC MIE APQ6	Revisión periódica	Anual
Comprobar visualmente el correcto estado de las cimentaciones de los recipientes.	Art.30 ITC MIE APQ6	Revisión periódica	Anual
Comprobar visualmente el correcto estado de los vallados y cerramientos.	Art.30 ITC MIE APQ6	Revisión periódica	Anual
Comprobar visualmente el correcto estado de los drenajes, bombas, equipos e instalaciones auxiliares.	Art.30 ITC MIE APQ6	Revisión periódica	Anual
Comprobar visualmente el correcto estado de alarmas y enclavamientos.	Art.30 ITC MIE APQ6	Revisión periódica	Anual
Comprobar el estado de las paredes de recipientes y tuberías y, en caso de observarse algún deterior, medir los espesores de dichas paredes.	Art.30 ITC MIE APQ6	Revisión periódica	Anual
En caso de no existir un documento justificativo de haber efectuado pruebas periódicas por el servicio de mantenimiento de la plata, comprobar el adecuado funcionamiento de los venteos.	Art.30 ITC MIE APQ6	Revisión periódica	Anual
Comprobar el correcto estado de las mangueras, acoplamientos y brazos de carga.	Art.30 ITC MIE APQ6	Revisión periódica	Anual
En caso de que la instalación disponga de protección catódica, comprobar que se encuentra en buen estado y está asegurada la continuidad eléctrica.	Art.30 ITC MIE APQ6	Revisión periódica	Anual
Realizar una medición de los espesores de los recipientes y tuberías metálicas.	Art.30 ITC MIE APQ6	Revisión periódica	Anual
Comprobar mediante revisión interior el estado superficial del recipiente, así como el control de la estanqueidad del fondo en especial de las soldaduras.	Art.30 ITC MIE APQ6	Revisión periódica	Anual

Comprobar el correcto funcionamiento de las duchas y lavaojos.	Art. 27 ITC MIE APQ6	Revisión periódica	Según plan de revisiones
Comprobar periódicamente los equipos de protección personal.	Art. 27 ITC MIE APQ6	Revisión periódica	Según plan de revisiones
Comprobar el adecuado estado y correcto funcionamiento de los equipos y sistemas de protección contra incendios.	Art. 27 ITC MIE APQ6	Revisión periódica	Según plan de revisiones

5.6 Comprobaciones de las instalaciones de almacenamiento de líquidos tóxicos (ITC MIE APQ7)

Tabla 5. 5-5 Comprobaciones de los tanques de sustancias que se rigen por la normativa APQ-7

Comprobaciones	Disposición normativa	Tipo de comprobación	Periodicidad
Comprobar la conformidad de la instalación con los preceptos de la ITC MIE APQ 7, o, en su caso, con los términos de la autorización previstos en la disposición adicional primera del RAPQ.	Art. 4 RAPQ	Control de la instalación	Cada 5 años
Comprobar que se han realizado las correspondientes revisiones periódicas previstas en la ITC MIE APQ7.	Art. 4 RAPQ	Control de la instalación	Cada 5 años
Comprobar visualmente que los cubetos y recipientes se encuentran en buen estado y libre de fugas.	-	Revisión periódica	Anual
Comprobar que se ha realizado la prueba de estanqueidad de los recipientes, conforme el código o procedimiento de reconocido prestigio	Art. 4 RAPQ	Control de la instalación	Cada 5 años
Revisión exterior de recipientes: Comprobar fundaciones.	Normativa equipos a presión	Inspección periódica	Según normativa de equipos a presión
Revisión exterior de recipientes: Comprobar pernos de anclaje.	Art.34 ITC MIE APQ7	Revisión periódica	Cada 5 años
Revisión exterior de recipientes: Comprobar las tomas a tierra.	Art.34 ITC MIE APQ7	Revisión periódica	Cada 5 años

Revisión exterior de recipientes: Comprobar los niveles e indicadores.	Art.34 ITC MIE APQ7	Revisión periódica	Cada 5 años
Revisión exterior de recipientes: Comprobar las tubuladuras.	Art.34 ITC MIE APQ7	Revisión periódica	Cada 5 años
Revisión exterior de recipientes: Comprobar la pintura y aislamiento.	Art.34 ITC MIE APQ7	Revisión periódica	Cada 5 años
Revisión exterior de recipientes: Comprobar los espesores.	Art.34 ITC MIE APQ7	Revisión periódica	Cada 5 años
Revisión exterior de recipientes: Comprobar las válvulas y accesorios.	Art.34 ITC MIE APQ7	Revisión periódica	Cada 5 años
Revisión interior de recipientes: Comprobar el estado superficial y recubrimiento.	Art.34 ITC MIE APQ7	Revisión periódica	Cada 5 años
Revisión exterior de recipientes: Comprobar estanqueidad del fondo y de las soldaduras del recipiente.	Art.34 ITC MIE APQ7	Revisión periódica	Cada 10 años
Revisión exterior de recipientes: Comprobar el correcto funcionamiento de las válvulas de seguridad y/o de los sistemas de alivio de presión y sistemas que eviten la emisión de vapores.	Art.34 ITC MIE APQ7	Revisión periódica	Cada 10 años
Revisión de cubetos y sistemas de drenaje_ Comprobar estado de cerramientos y/o sus recubrimientos.	Art.35 ITC MIE APQ7	Revisión periódica	Cada 5 años
Revisión d cubetos y sistemas de drenaje: Comprobar estado de las arquetas de drenaje de pluviales y de químicos, y la estanqueidad de pasamuros.	Art.35 ITC MIE APQ7	Revisión periódica	Cada 5 años
Revisión de cubetos y sistemas de drenaje. Comprobar la operatividad de las válvulas de drenaje	Art.35 ITC MIE APQ7	Revisión periódica	Cada 5 años
Revisión de cubetos y sistemas de drenaje: Comprobar el estado de los suelos y/o sus recubrimientos.	Art.35 ITC MIE APQ7	Revisión periódica	Cada 5 años
Comprobar el correcto funcionamiento de las duchas y lavaojos.	Art.31 ITC MIE APQ7	Semanal	Según plan de revisiones
Comprobar periódicamente los equipos de protección personal.	Art.31 ITC MIE APQ7	Según plan de revisiones	Según plan de revisiones

Comprobar el adecuado estado y correcto funcionamiento de los equipos y sistemas de protección contra incendios.	Art.34 ITC MIE APQ7	Según plan de revisiones	Según plan de revisiones

6 Clasificación de los riesgos y principales riesgos de la industria

En la industria química como la planta VIMEPAM pertenece hay una serie de riesgos que la planta se enfrenta por hacer el cloruro de vinilo todos estos riesgos se intentan minimizar para que no puedan ocurrir nunca. El riesgo es la probabilidad de que suceda algún daño o accidente. Por eso se intenta que la probabilidad de accidente sea cero.

A continuación, se explican los posibles riesgos que se pueden dar en la planta.

6.1 Riesgo de explosión

Las explosiones son combustiones rápidas que generan gases calientes que se expanden dando lugar a una onda de presión y a una llama que se propaga rápidamente.

Las explosiones pueden ser confinadas o no confinadas.

Las primeras se pueden producir dentro de tuberías, recipientes o edificios. Si la presión que el gas ejerce sobre las paredes del medio que lo contiene es mayor a la que el recipiente puede soportar, esta misma presión es la que produce que la explosión se de a lugar. Las explosiones no confinadas se caracterizan por ocurrir al aire libre. Se originan por un escape rápido de un fluido inflamable junto a una dispersión del gas para formar una nube muy grande.

Las explosiones no confinadas pueden provocar grandes nubes que pueden ser tóxicas y pueden entrar en ignición gracias a una fuente. Si se diera la combustión de estas nubes provocarían una cadena de accidentes y una gran pérdida tanto económica como material a la empresa.

6.2 Riesgo de incendio.

Se define incendio como la reacción química que se produce cuando un reactivo oxidante (comburente) y un reactivo reductor (combustible) reaccionan. En casos generales que se puedan dar en las plantas químicas el comburente es el aire y este es un elemento muy oxidante.

Estas reacciones son fuertemente exotérmicas, se libera mucha energía en forma calorífica por lo que es muy importante que tanto el comburente y el combustible están en un estado energético suficiente para que se pueda dar la reacción.

Para que un incendio tenga lugar como se explica en el apartado el tetraedro del fuego hay tres factores fundamentales para que se produzca un incendio. Estos tres factores son: combustible,

foco de ignición y comburente. Para que el incendio progrese la energía que se desprende durante la reacción ha de ser suficiente para que dicha reacción desencadene otra de manera sucesiva.

Es importante realizar revisiones periódicas de las instalaciones y sistemas de protección contra incendios para verificar el buen funcionamiento de la planta y para realizar formaciones a los trabajadores para que sepan que deben hacer en caso de que se produzca un incendio.

6.3 Riesgo de fuga

Se define fuga como la salida incontrolada de una sustancia en la cual se encuentra en el interior de un recipiente. Esta fuga puede ser provocada por la grieta, rotura, accidente en el recipiente o la mala estanqueidad de él.

Este tipo de accidente suelen generar daños graves en los equipos y a los trabajadores cerca de esos equipos en el momento del accidente. Por norma general, suele producirse en las zonas de conducción de las sustancias, pero el lugar más vulnerable por donde se produce el escape es en las zonas de unión entre los diferentes tramos que conforman las conexiones entre las zonas de conducción.

Es importante controlar el tipo de estas fugas ya que la planta química debe de cumplir unos límites de emisión que de no hacerlo la empresa seria sancionada y debería pagar un tributo. En un caso de estos la producción seria parada hasta que se solucionaran los problemas, la parada de la producción provocaría grandes daños económicos para la empresa y sus clientes a corto plazo. Por ello es importante tener un buen sistema de control para poder minimizar los efectos negativos que se puedan derivar de una fuga en el proceso de producción.

6.4 Riesgos ergonómicos

Uno de los principales ámbitos de la ley de prevención de riesgos laborales es trabajar para la mejora de las condiciones y la adecuación del trabajo a cualquier plantilla de trabajadores. Por este motivo es importante analizar estas condiciones y valorar el grado de adecuación entre las tareas a realizar y mejorarlas.

La relación del trabajador con su entorno laboral ha de estar en las mejores condiciones posibles para que no hay un efecto negativo tanto en el ámbito psicológico como físico del trabajador. En la industria química se pueden encontrar los siguientes riesgos ergonómicos:

- Tareas físicas repetitivas: Realizar tareas físicas donde siempre se hace el mismo movimiento y es posible la realización de malas posturas, pueden contribuir a que el trabajador al cabo de los años su salud física se vea mellada y tenga menos rendimiento.
- El exceso de ruido. Este ruido puede provocar daños auditivos en los trabajadores si se trabaja cerca de un foco de ruido intenso de forma repetitiva. Trabajar cerca

de un foco que sea de 80 dB o mayor puede ser dañino para la salud de los trabajadores si no usan las EPI correctas.

- Deficiencia en la iluminación. Zonas de trabajo poco iluminadas pueden contribuir a la pérdida de esta capacidad si los períodos de trabajo son largos.
- En la zona de control de la planta donde los trabajadores pasan la jornada laboral trabajando con estas pantallas. La exposición perlongada puede provocar malas posturas como inclinación excesiva, rotación lateral de la cabeza y flexión de las manos.

7 Protección contra incendios

A continuación, se explica todas las normativas y medidas que se emplean en la planta para la protección y acción contra los incendios.

El Reglamento de seguridad contra incendios está aprobado por Real Decreto 2267/2004 del 3 de diciembre y las medidas contra incendios implementadas en la planta de producción de cloruro de vinilo se han realizado acorde a lo estipulado en el Real Decreto.
La presencia del riesgo de incendio en los establecimientos industriales determina la probabilidad de que se desencadenen incendios.
El fuego se define como la manifestación de una oxidación rápida con elevación de la temperatura y emisión de luz. El oxígeno, elemento electronegativo, es generalmente el agente oxidante con una gran afinidad por la mayoría de las materias orgánicas. El resultado es una reacción exotérmica. El combustible actúa como agente reductor en esa reacción, y puede ser cualquier material con posibilidad de ser oxidado.
Según esta posibilidad, la velocidad de reacción varia, por lo cual podemos clasificar:

- Si la reacción es lenta hablamos de oxidación.
- Si la reacción es rápida se trata de una combustión.
- Si la reacción es muy rápida es una deflagración.
- Si la reacción es instantánea se trata de una explosión.

Las materias en estado normal para que actúen como reductores (Combustibles) necesitan que se les aporte una cantidad determinada de energía para liberar sus electrones y compartirlos con los más próximos de oxígeno. Este fenómeno se conoce como “energía de activación” y se proporciona desde el exterior por un foco de ignición (calor).
Al ser reacción exotérmica, esta energía propia es suficiente para liberar mas electrones, originándose así una reacción en cadena, propagándose así el fuego.

7.1 Clasificación de incendios

En referencia a los incendios y la clasificación de éstos, hay seis clases diferentes: A, B, C, D, E, K. Estas son las características principales de cada una de estas clases:

Fuegos de clase A: Producidos o generados por combustibles sólidos, tales como madera, carbón, paja, tejidos en general productos en base al carbono. Retienen el oxígeno en su interior formando brasas, caracterizándose como los llamados fuegos profundos.

Fuegos de clase B: Producidos o generados por combustibles líquidos, como gasolina, petróleo, gas-oil, grasas, mantecas, aceites, alquitrán, keroseno, etc. Solo arden en su superficie que está en contacto con el oxígeno del aire.

Fuegos de clase C: Producidos o generados por sustancias gaseosas, como propano, butano, metano, hexano, gas ciudad, etc.

Fuegos de clase D: Producidos o generados por metales combustibles, tales como magnesio, uranio, aluminio en polvo, etc. El tratamiento para extinguir estos fuegos debe ser minuciosamente estudiado, pero con seguridad pueden utilizarse arenas secas muy finas.

Fuegos de clase E: No es ninguna clase especifica de fuego, ya que en este grupo quedan incluidos cualquier combustible que arde en presencia de cables o equipos eléctricos.

7.2 Clasificación de las áreas según riesgo de incendio

La siguiente clasificación de las áreas según riesgo de incendio se ha realizado siguiendo el Real Decreto 2267/2004.

La clasificación de las áreas se establece en función del peligro que presenten según:

- La configuración y ubicación de éstas en el entorno.
- Su nivel de riesgo intrínseco.

7.2.1 Nivel intrínseco y densidad de carga de fuego

El nivel intrínseco de cada sector o área de incendio se evaluará calculando la densidad de carga de fuego ponderada y corregida de dicho sector o área de incendio según la siguiente expresión:

$$Q_S = \frac{\sum G_i \cdot q_i \cdot C_i}{A} \cdot R_a \left(\frac{mJ}{m^2}\right) o \left(\frac{mcal}{m^2}\right)$$

Donde los parámetros son los siguientes:

Qs = Densidad de carga de fuego ponderada y corregida del sector a evaluar.

Gi = La masa en kilogramos de cada uno de los combustibles que existen en el sector o el área de incendio.

Qi = el poder calorífico de cada uno de los combustibles

Ci = Coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector del incendio.

Ra = Coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio inherente a la actividad industria al que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.

A = La superficie construida del sector del incendio o superficie ocupada del área de incendio en metros cuadrados.

A continuación, se muestra la tabla resultante del cálculo del riesgo de incendio de cada área en función de su densidad de carga.

Tabla 5. 7-1 Resultados de los cálculos de la densidad de carga de fuego intrínseco a cada área.

Código	Descripción	Qs (MJ /m^2)	Riesgo de incendio
A-100	Almacenamiento de reactivos	139	Bajo
A-200	Reacción	290	Mediano
A-300	Purificación producto 1	700	Alto
A-400	Purificación producto 2	446	Mediano
A-500	Tratamiento de gases	40	Bajo
A-600	Almacenamiento del producto	3400	Alto
A-700	Servicios	200	Bajo
A-800	Almacenamiento de efluentes	3367	Alto
A-900	Seguridad y medioambiente	200	Bajo
A1000	Oficinas y laboratorios	200	Bajo
A-1100	Taquillas y vestuarios	100	Bajo
A-1200	Almacén y taller	500	Medio

7.2.2 Triángulo y tetraedro del fuego:

El triángulo del fuego nos muestra los tres factores que en conjunción se han de dar para poder darse un fuego, sin estos tres el fuego no se dará.

Combustible: cualquier materia capaz de arder. Pueden ser sólidos (madera, papel, etc), líquidos (gasolina, disolventes, etc.), gaseosos (butano, metano, etc.) o metales (magnesio, litio, etc.)

Comburente: sustancia que en combinación con el combustible favorece o permite la combustión. El más común es el oxígeno presente en aire (con una proporción del 21% aprox.) También pueden ser otros que actúen como tal en ausencia de oxígeno, como pueden ser el clorato potásico o el nitrato de potasio.

Calor: es la energía mínima necesaria para iniciar un proceso de reacción química.

Estos tres elementos se les representa con un triángulo, un factor en cada lado y el fuego dentro del triángulo, podemos ver un ejemplo a continuación:

Figura 5. 7-1 Representación del triángulo del fuego.

El tetraedro del fuego es otra forma ampliada del triángulo del fuego en el cuál hace un cuarto elemento. Éste cuarto elemento hace que se mantenga la combustión. El cuarto elemento es la reacción en cadena. La reacción en cadena es producida por los radicales químicos libres de los componentes de la reacción que se liberan por la acción de la temperatura sobre el combustible, y que favorecen la propagación del proceso. A continuación, vemos un dibujo del tetraedro del fuego:

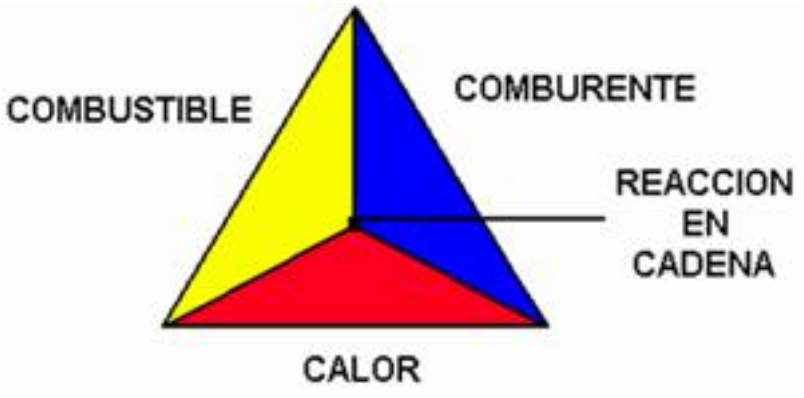


Figura 5. 7-2 Representación del tetraedro del fuego.

7.3 Acciones de extinción:

Como se ha hablado anteriormente para que un fuego se forme se tienen que dar tres elementos, y para que se mantenga cuatro elementos. Estas acciones que se describirán brevemente intentan interrumpir uno o varios de estos factores para que el fuego desaparezca.

Estas son las acciones de extinción de un incendio:

Dilución: Cuando el combustible desaparece del tetraedro. Teóricamente es el método más eficaz pero debido a su complejidad raramente se da.

Sofocación: cuando eliminamos el comburente del tetraedro del fuego. Se consigue desplazando el oxígeno por medio de una determinada concentración de gas inerte, o bien cubriendo la superficie en llamas con agua con sustancia o un elemento incombustible, lo que se conoce con el nombre de cubrición.

Enfriamiento: cuando la fuente de calor desaparece del tetraedro. Esto es posible si se elimina el calor disminuyendo la temperatura de ignición del combustible lanzando agua adecuadamente sobre las superficies calientes.

Rotura de la reacción en cadena: cuando la reacción en cadena es interrumpida o se rompe por medio de compuesto químicos que reaccionan con los distintos componentes de los vapores combustibles neutralizándolos.

7.4 Fuentes y causas del fuego y explosión en la planta:

7.4.1 Fuentes combustibles

Cualquier cosa que pueda quemarse es un combustible potencial para un incendio o explosión, a continuación, se detallan las fuentes:

- Papel (Incluyendo los documentos almacenados).

- Cartón.
- Plástico.
- Madera.
- Derivados del petróleo.
- Aceites minerales y grasas.
- Basura y deshechos.
- Gases embotellados.
- Todos los líquidos inflables que hay en la planta.

7.4.2 Fuentes de ignición

Una fuente de ignición es todo aquello que tiene el potencial de encender un material/ sustancia/gas en la planta. Estas fuentes de ignición pueden ser:

- Chispas eléctricas y superficies calientes de los aparatos eléctricos y sistemas de distribución.
- Motores de combustión interna.
- La fricción.
- Fuentes naturales (relámpagos, el sol).
- El trabajo en caliente (combustión, soldadura, etc.)
- Materiales para fumadores (como cigarrillos, encendedores, cerillas)

7.4.3 Fuentes de oxígeno

La principal fuente de oxígeno para un incendio o explosión en general es el que se encuentra en el aire. También se puede encontrar en sustancias líquidas y solidas que no estarán presentes en la zona de producción.

7.5 Detectores de incendios

La detección de incendios tiene que ser en el menor tiempo, así se puede evitar males mayores dentro de la planta. Por eso se tiene que hacer un sistema de detección con una respuesta en un tiempo muy pequeño.

Una detección se puede hacer por una detección humana, una instalación automática o sistemas mixtos. El sistema de detección viene determinado por:

- Las pérdidas humanas o materiales en juego.
- La posibilidad de vigilancia constante por personas.
- La rapidez requerida.
- La fiabilidad requerida.
- Su coherencia con el resto del plan de emergencia.

- El coste económico.

7.5.1 Detección automática

Los detectores automáticos pueden controlar una o varias de las características que puede tener el fuego como son (temperatura, radiación, humo y gases).

Se pueden encontrar cinco tipos diferentes de detectores automáticos:

- Detectores laser: Estos están compuestos por un dispositivo emisor y otro receptor. Cuando se oscurece el espacio entre ellos debido al humo, solo una fracción de luz emitida alcanza al receptor, provocando que la señal eléctrica producida por éste sea más débil y se active la alarma.

Figura 5. 7-3 Ejemplo de unos detectores láser

- Detectores de gases de combustión iónica: Son detectores que constan de una cámara de ionización que consiste en dos placas eléctricamente cargadas y una fuente radiactiva para ionizar el aire entre las placas. Las partículas de humo son mucho más pesadas que las partículas de aire ionizadas. Estas partículas de humo des ionizan las partículas del aire y el detector da señal de alarma por la disminución del corriente en la cámara.

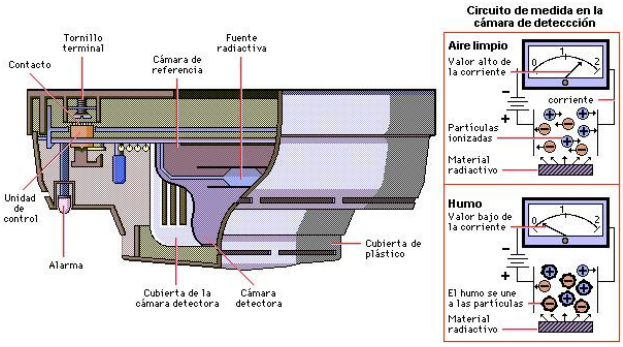


Figura 5. 7-4 Representación esquemática de un detector iónico.

- Detector óptico de humos: Detecta humos visibles. Se basa en la absorción de la luz por los humos a la cámara de medición, o también a la difusión de luz de los humos.

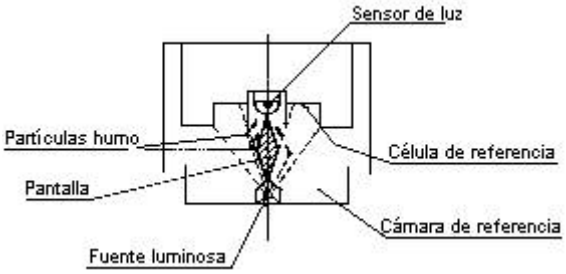


Figura 5. 7-5 Representación esquemática de un detector óptico.

- Detector de temperatura: Miden la velocidad del crecimiento de la temperatura en el espacio donde están, esta velocidad se da por el aumento de energía térmica por convección que se da en la sala debido a un posible fuego. La sensibilidad estándar es de una diferencia de temperatura de 10 grados minuto.

Figura 5. 7-6 Representación esquemática de un detector de temperatura.

- Detector de llamas: Detectan las radiaciones infrarrojas o ultravioletas que acompañan a las llamas.

Figura 5. 7-7 Ejemplo de un detector de llamas.

En la próxima ilustración se ven los detectores que son más rápidos para poder detectar un incendio:

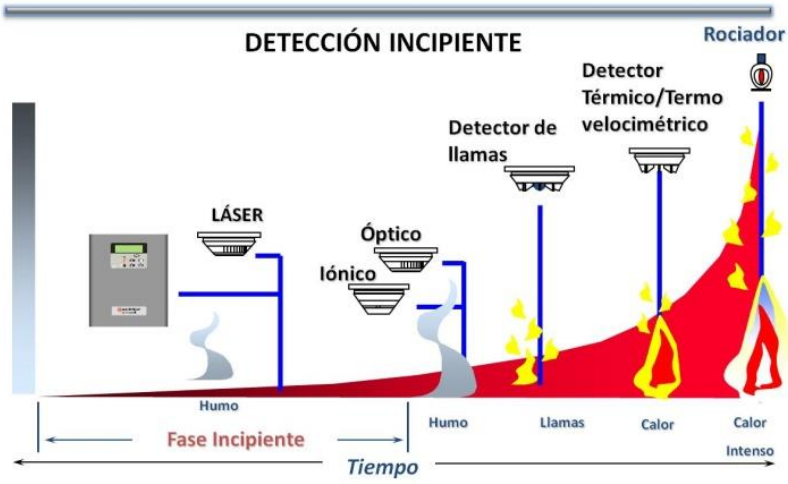


Figura 5. 7-8 Esquema de los estadios de fuego y cuando los detectores detectan el fuego.

Siguiendo la ilustración anterior se han elegido los tipos de detectores que se darán en cada zona de la planta para tener la mejor seguridad posible al mejor precio.

Tabla 5. 7-2 Elección de los detectores a utilizar en cada área.

Zona	Tipos de detectores
100	Detectores ópticos y detector de llamas
200	Detectores láser y iónicos
300	Detectores iónicos
400	Detectores iónicos
500	Detectores ópticos
600	Detectores iónicos
700	Detectores iónicos
800	Detectores ópticos y detector de llamas
900	Detectores de llamas y detectores térmicos
1000	Detectores iónicos
1100	Detector de llamas
1200	Detector de llamas
1300	Detector laser

7.5.2 Sistemas manuales de alarma

Las alarmas manuales están hechas para que los propios operarios o trabajadores puedan dar aviso de que se está produciendo algún tipo de incendio o situación anómala de este carácter. Estas alarmas son un complemento a las alarmas individuales para que en caso de fallo de estas se pueda seguir dando una alarma y empezar el protocolo de emergencia para poder hacer frente al incendio

incipiente. Este tipo de alarmas están constituidas por un conjunto de pulsadores repartidos por toda la planta que permiten transmitir una señal acústica a la sala de control (o señalización).

Este tipo de alarmas se encuentran al lado de las salidas de evacuación del sector de incendió. Estos pulsadores no deben distar de más de 25 metros de uno a otro.

Figura 5. 7-9 Ejemplo de un sistema de alarma manual.

7.6 Agentes extintores

Los agentes extintores realizan la función de limitar y sufocar los fuegos que se puedan crear en la planta. Estos son diversos ya que hay diferentes tipos de incendios y para cada tipo de incendio le va mejor un tipo de agente extintor que otro. Conociendo las propiedades y los efectos que causa el agente sobre el tipo de fuego se podrá escoger correctamente los agentes extintores y las zonas donde se podrán gracias a las diferentes fuentes de ignición y los fuegos que causan en cada parte de la planta.

7.6.1 Agua

Este es el agente más básico, abundante, barato y el más utilizado. Sus efectos de extinción conta el fuego son:

- Por impacto de masa líquida sobra las llamas, pudiendo llegar a cortarlas o separar las del combustible.
- Por enfriamiento. Dado el elevado calor específico del agua ésta puede absorber calor de la combustión hasta vaporizarse.

- Por sofocación, producida por la atmósfera inerte formada por vapores del combustible unidos al oxígeno del aire.

Sus aplicaciones son diversas, y dependen de la forma de lanzarla sobre el incendio, bien sea a chorro o pulverizada.

7.6.2 Espuma

La espuma se utiliza como agente extinto en forma de una masa de burbujas unidas entre sí por un estabilizador mezclado con agua que se aplica sobre la superficie del combustible en llamas, aislándole así del contacto con el oxígeno de aire y extinguiendo el fuego por sofocación. La única clase que nos sirve es la espuma física que se caracteriza por estar formada al mezclar agua y una proporción entre 3 y 6 % de un concentrado líquido espumante llamado espumógeno.

7.6.3 Polvo químico seco

Un agente extintor está formado por sustancias químicas sólidas finamente divididas. Debe tener una gran fluidez para ser lanzado hacia el fuego y además deberá carecer de humedad para que forme grumos o bloques. Está formada por seis sales amónicas.

El mecanismo del polvo seco es romper la cadena de reacción de fuego reduciendo el calor y el oxígeno. Hay que tener en cuenta que normalmente los polvos químicos secos no son compatibles con las espumas, por lo que no se deberían utilizar simultáneamente sin una comprobación previa.

7.6.4 Anhídrido carbónico de CO2

Los extintores anhídridos tienen un gran poder de extinción sobre fuegos superficiales. Son muy eficaces cuando se quiere sofocar un fuego producido sobre equipos o cables eléctricos de baja tensión, ya que este no es conductor. Los gases o vapores extintores son más pesados que el aire y apagan el fuego por sofocación desplazando el oxígeno del aire. También hay un factor importante a tener en cuenta de estos extintores y es que aun en pequeñas cantidades son tóxicos.

7.6.5 Tabla de adecuación de los extintores

A continuación, se muestra una tabla con todas las clases de fuego que se pueden dar y los extintores más adecuados para cada tipo de extintor:

Tabla 5. 7-3 Tabla de extintores a usar dependiendo de la clase de fuego.

Extintor	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D	Clase E
Agua pulverizada	Muy adecuado	Aceptable	Nulo	Nulo	Nulo (peligroso)
Agua a chorro	Adecuado	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo (muy peligroso)
Espuma física	Adecuado	Adecuado, Evitar uso en líquidos solubles en agua	Nulo	Nulo	Nulo (peligroso)
Polvo seco normal	Aceptable, para fuegos pequeños	Bueno	Bueno	Nulo	Bueno
Polvo seco polivalente	Aceptable	Nulo	Nulo	Bueno	Tensiones inferiores a 1000V
Anhídrido carbónico CO2	Aceptable, para fuegos pequeños	Aceptable, para fuegos pequeños	Nulo	Nulo	Aceptable

7.7 Protección activa contra los incendios

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

Extintores:

Herramienta para poder combatir un incendio en sus fases iniciales. Con ellos podemos evitar que un fuego se propague y se transforme en un incendio peligroso.

Bocas de incendio equipadas:

Instalación semifija de extinción de incendios que utiliza agua de la red de abastecimiento como agente exterior. Las bocas de incendio más utilizadas suelen ser las BIE de 25 y 45 mm. Las características más destacadas de cada tipo son las siguientes:

BIE-25: Se trata de una manguera de 1” que se encuentra enrollada. La manguera es redonda y tiene una longitud aproximada d entre 15-25 m. Este equipo proporciona aproximadamente 1.6 l/s.

BIE-45: Esta manguera es de tela y se encuentra plegada. Su diámetro es d 11/2” y se tiene que extender unos 20 metros para poderla utilizar. Proporciona un caudal de 3.3 m/s.

Hidratantes:

Los hidratantes son un equipo que suministra una gran cantidad de agua en poco tiempo. Permite la conexión de mangueras y equipos de lucha contra incendios, así como el llenado de las cisternas de agua de los bomberos:

Hidratantes de columna seca: El hidratante se vacía automáticamente tras su utilización, protegiéndolo de daños por heladas. Incorpora un sistema antirrotura, que asegura la estanqueidad en caso de ruptura.

Hidratante de columna húmeda: Tiene válvulas individuales, que permiten el uso independiente de cada una de las bocas contra incendios.

Sistemas fijos de extinción:

Formado por sistemas de extinción por agua pulverizada y extintores gaseosos. Estos sistemas funcionan detectando determinadas temperaturas o con la presencia de humo liberando así agua a presión.

Equipos y accesorios de defensa contra incendios:

Incluye vestuario, equipos de respiración autónoma y equipos de alta presión.

7.7.1 Elección de protectores activos en los tanques y los equipos del proceso

Para poder luchar contra los incendios que se puedan originar en la planta es importante tener en cuenta tener este posible factor para poder confeccionar una correcta disposición de agentes protectores activos por toda la planta para poder sofocar correctamente todos los incendios que se puedan producir de los diferentes combustibles con los cuales la planta VIMEPAM trata.

La elección de estos protectores se ha tenido en cuenta la tabla que se muestra en el apartado anterior y las fichas de seguridad que hacen una breve explicación sobre los métodos de extinción óptimos para su eliminación.

La elección de los agentes extintores para los tanques pulmón y los tanques de almacenaje de las materias que intervienen en el proceso han sido los siguientes.

Tabla 5. 7-4 Elección de los agentes extintores por todos los tanques de la planta.

Materia	Agente extintor óptimo	Área de utilización
Acetileno T-101	Extintores de polvo y dióxido de carbono. Agua pulverizada y agua para enfriar el equipo en caso de incendio.	A-100
Cloruro de hidrogeno T-102	Agua pulverizada. Agua para enfriar el equipo en caso de incendió. Extintores de espuma.	A-100
Cloruro de vinilo T-601 i T-602	Agua pulverizada y extintores de polvo físico.	A-600
1,2-dicloroetano T-801	Agua pulverizada. Agua para enfriar el equipo en caso de incendio.	A-800
Ácido clorhídrico 30% T-902	Extintores de dióxido de carbono y espuma. Cortina de agua para absorber los gases.	A-900
N,N-dimetilformamida T-903	Agua pulverizada.	A-900

Para las partes de proceso donde se mezclan las materias se han escogido los sistemas de extinción que son útiles para poder extinguir la mezcla que haya.

Tabla 5. 7-5 Elección de los agentes extintores para los equipos de proceso.

Equipo	Agente extintor óptimo	Área de utilización
Reactores catalíticos (R-001, R-002, R-003, R-004)	Polvo o dióxido de carbono.	A-100
Columna de destilación 1 CD-001	Agua pulverizada y extintores de dióxido de carbono.	A-200
Columna de destilación 2 CD-002	Agua pulverizada y extintores de dióxido de carbono.	A-300
Columna flash CF-401	Agua pulverizada.	A-400
Columna de absorción CA-301	Agua pulverizada y extintores de polvo físico.	A-500
Columna de destilación 3 CD-501	Agua pulverizada y extintores de polvo seco	A500
Scrubber SC-501	Espuma y extintores de dióxido de carbono. Cortina de agua para absorber los gases.	A-500
Sala de control	Extintores de dióxido de carbono y polvo físico.	A-1300

7.8 Protección pasiva contra los incendios

La protección pasiva contra incendios es el conjunto de medios, elementos y características físicas que debe reunir el edificio o recinto a proteger, pendientes a evitar las pérdidas y daños producidos por el fuego, impidiendo que éste se propague y poner en peligro la vida de las personas y bienes.

Para retardar el avance del fuego se colocan cortafuegos construidos de materiales ignífugos, con esto conseguimos confinar el fuego en un sector limitando así sus consecuencias

Los sistemas de protección pasiva incluyen:

- Recubrimientos proyectados y de placas: recubrimientos con un material inerte al fuego y con alto coeficiente de aislamiento térmico.
- Pinturas intumescentes: Estas pinturas al entrar en contacto con el fuego se hinchan y se carbonizan formando una barrera aislante que protege la estructura.
- Puertas y cortinas cortafuego: Las puestas y cortinas cortafuegos impiden que las llamas avancen e impedir así que el incendio se propague.

7.9 Abastecimiento de agua contra incendios.

En la planta VIMEPAM se instalará un sistema de abastecimiento de agua contra incendios para dar servicio, en las condiciones óptimas a uno o varios sistemas de lucha contra incendios. Para tener el cálculo del caudal y reserva de agua se calcularán considerando la simultaneidad de varios de estos para que no haya una falta de abastecimiento de agua en ningún momento.

Las necesidades de agua para las áreas de almacenamiento, según el real decreto 379/2001 se tendrán que enfriar a parte del tanque del incendio los recipientes que estén situados a menos de treinta metros de las paredes del tanque en cuestión. Se ha de tener en cuente que la necesidad de agua para un tanque incendiado es de 0.18 metros cúbicos de agua por metro cuadrado de recipiente.

Tabla 5. 7-6 Superficie total de los tanques y el caudal de agua necesario en caso de incendio.

Tanque de almacenamiento	Superficie total (m^2)	Caudal de agua necesario (m^3/h)
Cloruro de hidrógeno	18	3.5
Acetileno	26.2	5
Cloruro de vinilo	308	55.5
Ácido clorhídrico	13.55	2.5
1,2-dicloroetano	22.64	4.1
Suma total	388.39	70.6

7.9.1 Balsa contra incendios

El caudal de se tendrá que suministrar a los tanques de toda la planta en conjunto será de 70.6 metros cúbicos por hora. Se ha de tener en cuenta que el suministro ha de durar un mínimo de tres horas. En este caso el caudal total nos servirá para calcular la balsa de agua de seguridad si lo multiplicamos por el tiempo que este caudal ha de ser operativo como mínimo.

Volumen de la balsa mínimo=70.6 (m^3/h) x 3h = 211.8 m^3

Para tener unos valores más consistentes se ha decidido que el volumen de la balsa de seguridad será de unos 250 metros cúbicos para no tener dificultades en caso de incendio.

Se calcula el diámetro que tiene que tener la balsa con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H; D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{H \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 250}{3 \cdot \pi}} = 10.3\ metros \sim 10.5\ metros$$

8 Señalización

La señalización es el resultado de la combinación de formas geométricas y colores. Estas se les añade un significado relacionado con la seguridad. Las señales tienen una finalidad de evitar accidentes y facilitar a los trabajadores la localización e identificación de las instalaciones d protección, evacuación, emergencia y primeros auxilios.

8.1 Normativa vigente

La normativa que regula toda la señalización en una planta en España es el Real Decreto 485/1997. En el artículo 2 de este Real Decreto se puede encontrar la clasificación d los diferentes tipos de señal:

- Señal de prohibición: Prohíbe un comportamiento capaz de provocar un peligro.
- Señal de advertencia: Advierte de un riesgo o peligro.
- Señal de obligación: Obliga a un determinado comportamiento.
- Señal de salvamiento o socorro: Señal que proporciona indicaciones relativas a la salida de socorro, primeros auxilios o a los dispositivos de salvamiento.
- Señal indicativa: proporciona información diferente a las mencionadas anteriormente.
- Señal en forma de panel: señal que, por la combinación de la forma geométrica, de colores y de un símbolo o pictograma, proporciona una determinada información, las cuales se atribuyen a un significado en relación con la seguridad y la salud en trabajo.
- Señal adicional: señal que complementa al tipo de señal en el apartado anterior.
- Color de seguridad: color al cual se atribuyen unos significados en relación con la seguridad y la salud en el trabajo.
- Símbolo o pictograma: Imagen que describe una situación y obliga a un comportamiento determinado, utilizada sobre una señal en forma de panel o sobre una superficie luminosa.
- Señal luminosa: señal emitida mediante un dispositivo formado por un material transparente o translúcida, iluminando desde atrás o desde su interior, de manera que parezca por si solo una superficie luminosa.
- Señal acústica: señal sonora codificada, emitida y difundida por medio de un dispositivo, sin la intervención de la voz humana ni sintética.
- Comunicación verbal: mensaje verbal predeterminado donde se utiliza la voz.

- Señal gestual: movimiento o disposición de los brazos o las manos en forma codificada para guiar a las personas que estén realizando maniobras que constituyen un riesgo o peligro para los trabajadores.

8.2 Colores de seguridad

Los colores de seguridad pueden formar la parte de la señalización de seguridad o constituirlas por si mismas. A la siguiente tabla se muestran los colores de seguridad y su significado y otras indicaciones de uso.

Tabla 5. 8-1 Colores de seguridad, su significado y las indicaciones pertinentes.

Color de seguridad	Significado	Indicaciones
Rojo	Prohibición	Comportamiento peligroso
	Peligro alarma	Alto, parada, dispositivos de desconexión de emergencia. Evacuación.
	Material y equipos de lucha contra incendios	Identificación y localización
Amarillo o anaranjado	Advertencia	Atención, precaución, verificación.
Azul	Obligación	Comportamiento o acción específica. Obligación de utilizar un equipo de protección individual.
Verde	Salvamento o auxilio	Puertas, salidas pasajes, material, puesto de salvamento o de socorro, locales.
	Salvamento o auxilio	Vuelta a la normalidad

Asociado al color de seguridad se corresponde a un color de contraste para que la lectura y visualización sea fácil y efectiva. Los colores de contraste se muestran en la siguiente tabla:

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

8.3 Señales en forma de panel

Las señales de panel son aquellas que combinan una forma geométrica con un color y símbolo que proporciona una información determinada. Los diferentes tipos de señales en forma de panel son los siguientes.

Señales de prohibición:

Se caracterizan por ser con el contorno de color rojo y de forma redonda. También presentan bandas transversales en sentido descendente de izquierda a derecha de color rojo y en conjunto, el 35% de la superficie de la señal debe ser de color rojo

Figura 5. 8-1 Señales de protección

Señales de advertencia:

La forma estas señales es triangular con un color amarillo/anaranjado con bordes negros. Esta señal debe tener el 50% de la superficie de la señal en color amarillo.

Figura 5. 8-2 Señales de peligro.

Señales de obligación:

Estas señales son redondas, con el borde blanco y el 50% de la superficie debe ser azul.

Figura 5. 8-3 Señales de obligación.

Señales de salvamiento:

Pueden ser rectangulares o cuadradas. Presentan bordes blancos y como mínimo el 50% de la superficie debe ser de color verde.

Figura 5. 8-4 Señales de salvamiento.

Señales de socorro:

Son señales cuadradas o rectangulares, con el pictograma de color blanco y el fondo rojo debe cubrir como mínimo el 50% de la señal.

Figura 5. 8-5 Señales de socorro.

Señales acústicas:

Son aquellos sonidos tipificados que son emitidos sin necesidad de una persona para alertar/avisar que una situación tipificada está ocurriendo. En la industria es de uso regular este tipo de señales, pero no tienen que ser muy frecuentes ya que pueden hacer aumentar el nivel sonoro de la industria cosa que no es conveniente por la contaminación que puede causar y afectar a las zonas cercanas a la industria. (Seguir explicando que son usadas para la evacuación y que deben de ser continuas Pg. 39).

Comunicación verbal:

Se trata de la comunicación entre los operarios mismos. Se trata de una comunicación con frases cortas, concisas y simples. Los oyentes deberán conocer bien el lenguaje empleados para que no haya confusiones entre ellos mismos y no afecte al buen funcionamiento de la planta.

Señales luminosas:

La luz emitida por la señal deberá provocar un contraste luminoso apropiado respecto a su entorno, en función de las condiciones de uso previstos. 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 continúa como intermitente, la señal intermitente se utilizará para indicar, con respecto a la señal continua, un mayor grado de peligro o una mayor urgencia de la acción requerida.

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

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

Señales gestuales:

Las señales gestuales deberán ser simples y precias para que sean fáciles de entender y de hacer. Las señales gestuales se basarán en el movimiento de los brazos de la persona que quiera enviar una señal gestual. A continuación, se muestran ejemplos de señales gestuales que se pueden encontrar en las plantas químicas:

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

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

Significado	Descripción	Ilustración
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 5. 8-6 Señales gestuales.

9 Higiene

9.1 Limpieza

La limpieza es un factor importante para evitar incidentes debido a un lugar de trabajo en malas condiciones debido a su poca limpieza y organización. Para evitar que estas situaciones puedan ocurrir se debe disponer de una buena política en limpieza.

Esta política se basa en clasificar todo aquello que sea útil, eliminar lo innecesario y tener una organización para limpiar la planta periódicamente.

Todo lo que sea clasificado como útil ha de ser guardado en áreas especialmente diseñadas para poder guardarlas y que tengan un entorno seguro. Todos estos objetos útiles deberán estar organizados según el uso que se le dé para perder el mínimo tiempo posible (esta organización deberá ser instruida a los trabajadores que hagan uso de esos objetos para que no haya pérdidas de tiempo). Durante las paradas previstas durante el año habrá procedimientos para la limpieza general de la planta, y durante el año periódicamente habrá limpieza y organización de la planta.

9.2 Sanidad en la planta

Es conveniente tener un nivel alto de salubridad dentro de la planta. Para mantener alto este nivel se tiene que tener un control de plantas que se puedan dar, así como el control de posibles insectos o roedores que se encuentren en las zonas interiores de la planta. Cabe resaltar que los espacios donde haya gente trabajando las condiciones tienen que ser las óptimas tanto a nivel de limpieza como sanitaria para asegurar las condiciones mínimas obligatorias en las cuales el trabajador tiene que tener.

9.3 Higiene personal

La planta tendrá un código estricto en el aspecto de la higiene personal tanto como personas que trabajan en la planta como gente externa que venga puntualmente a ella. Para eso habrá unas normas que todo trabajador tendrá que cumplir. El objetivo es garantizar las buenas condiciones sanitarias que se dan en la planta y para garantizar la buena interacción entre trabajadores y de las tareas que hacen en conjunto.

Es por ello que es necesario lavarse detenidamente las manos antes y después de cualquier proceso que el trabajador realice, así como el mantenimiento de unas uñas cortas (independientemente del sexo). Estará estrictamente prohibido el uso de ropa de calle en el interior de la zona de proceso y en todas las zonas excepto la de oficinas. La empresa cederá la ropa que los trabajadores tengan que usar en el interior de la planta. El objetivo de no ir con ropa de calle por la planta es evitar que la ropa entre en contacto con productos nocivos y que estos puedan salir de la planta y contaminar otras zonas.

10 Equipos de protección individual (EPI's)

Para poder establecer las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de equipos de protección individual (EPI) utilizaremos la directiva 89/656/CEE. Los EPI´s son los dispositivos que un trabajador utiliza para protegerse contra los diferentes riesgos que se pueden producir en el trabajo. Es uno de los conceptos básicos en cuanto a la seguridad en el trabajo y son necesarios ya que los peligros no son eliminados por completo.

Un EPI se define como cualquier equipo destinado a ser portado o sujetado por el trabajador/a para que se proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a la misma finalidad.

En el R.D.777/1997 se indican las obligaciones del empresario a la hora de adquirir los EPI's, que son:

- Identificar la necesidad a la hora de adquirirlos
- Tener en cuenta que proporcionen una protección eficaz
- Condicionar el lugar de trabajo y el trabajador

Todos los EPI's tendrán el marcado "CE" que garantiza la calidad del producto y la buena respuesta delante de una situación de peligro, esta señal se colocará de forma fisible durante el período de duración previsible o vida útil.

10.1 Descripción de los diferentes EPI's

- Protección para la cabeza (cascos)

Los cascos, básicamente proporcionan protección contra impactos y penetraciones de objetos que pudieran caer sobre la cabeza, también protegen de los choques eléctricos y quemaduras.

El material de los cascos será polietileno rígido, estarán provistos de arnés regulable y bandas de amortiguación con luz libre desde las mismas a la cima de 221mm. El uso de cascos será imprescindible para los trabajadores con riesgo de caída de objetos. Es necesario inspeccionarlo periódicamente para detectar desperfectos que reducirían el grado de protección del casco.

- Guantes de seguridad

Los guantes de seguridad utilizados por los empleados serán diferenciados según sea la protección frente a los agentes químicos o frente a agresivos físico. Estarán confeccionados en materiales naturales o sintéticos, no rígidos, que se adapte a la configuración de la mano haciendo confortable su uso. Deberán ser seleccionados de acuerdo con los riesgos a los que el usuario este expuesto (temperatura, corrosividad, aislantes…). Deben mantenerse en buenas condiciones, procurando que no aparezcan orificios, grietas, deformaciones que mermen sus propiedades.

- Protección de la cara y los ojos (gafas y pantallas)

Las gafas de protección se usarán en los trabajos con riesgo de impacto de partículas, salpicaduras de polvo (cemento, riesgo...), atmósferas contaminadas, etc. El material debe de ser resistente al ataque de sustancias químicas corrosivas o similares, tendrán, además de unos oculares de resistencia adecuada, un diseño de montura y unos elementos adicionales, a fin de proteger el ojo en cualquier dirección.
Las pantallas de protección son necesarias durante la realización de soldaduras. Estas máscaras están provistas de filtro adecuados a la intensidad de radiación existente en el lugar de trabajo.

- Protección auditiva

Este tipo de protección puede ser en forma de tapones o auriculares, es necesario dotar de protección para el oído a los trabajadores cuando el nível de ruido supera los 85 decibelios, este punto es el nivel máximo para la audición normal.

- Botas de seguridad (reforzadas e impermeables)

La utilización de las botas reforzadas está prevista para ofrecer protección frente al impacto, están compuestas en cuero, la puntera reforzada interiormente con plancha metálica que impida el aplastamiento de los dedos y una suela también metálica que impida el paso de elementos punzantes a través de está.
Las botas impermeables se utilizarán en caso de encontrarnos en condiciones de trabajo con agua o humedad, estarán compuestas en caucho o goma en una sola pieza y suela revestida de material antideslizante.

- Protección de las vías respiratorias

Este equipo tiene la función de proporcionar al trabajador aire para respirar sin contaminantes o con una concentración muy baja de estos. Los equipos filtrantes se utilizan en trabajos en los que se produzca polvo y en atmosferas con gases o vapores perjudiciales para la salud. Las mascarillas deberán estar homologadas según las Normas de Prevención del Ministerio del Trabajo MT-13.

- Ropa de protección

Para la protección de los operarios del frio y del calor se emplearán trajes aislantes. Para evitar riesgos de colisión y atropellos se utilizarán prendas tales como cinturones, brazaletes y chalecos con bandas refractarias para ser utilizados en lugares de poca iluminación. Está prohibido circular por la planta con indumentaria no adecuada tal como: Pantalones cortos, falda, sin camiseta o en manga corta. Las personas con cabello largo deberán llevarlo recogido a fin de evitar posibles enredos o enganchones.

- Protección contra caídas de altura

Son sistemas de sujeción destinados a sujetar al trabajador mientras se realiza un trabajo en altura. Un sistema de protección individual contra caídas de altura incluye un dispositivo de prensión del cuerpo (arnés) el cual se fija a un punto de anclaje seguro mediante un sistema de conexión que consiste en uno o varios componentes, incluidos normalmente en el sistema, conforme al uso previsto (por ejemplo, elementos de amarre, conectores, dispositivos anticaídas, dispositivos de anclaje).

10.1.1 Cantidad y utilización de EPI's en planta

La cantidad de EPI que hay en la planta viene dado por el número de operarios y personas que habrá en la planta en cada turno. Todas las EPI deberán ser remplazadas al cabo de un tiempo acordado debido al desgaste sufrido por el uso o el paso del tiempo. Habrá que tener un archivo donde se recojan todas las EPIs de la planta con la fecha de compra y la fecha de caducidad.

- Protección para la cabeza:

Habrá un casco por trabajador y unos treinta cascos mas para posibles visitas. Será obligatorio usar casco en toda la parte de producción, carga y descarga, zona de almacenaje y zonas transitables.

- Guantes de seguridad:

Habrá tres tipos de guantes en la planta: Guantes contra agresiones químicas, guantes contra agresiones eléctricas y guantes contra agresiones térmicas. La cantidad de cada uno será 50,5,12 respectivamente para asegurar que todos los operarios que los necesiten puedan hacer uso de ellos.

Todo operario de planta deberá llevar los guantes contra agresiones químicas para evitar un posible contacto con una materia peligrosa para la salud humana.

- Protección de la cara y ojos:

  Gafas de protección universal, habrá una por trabajador más 20 unidades para posibles visitas, su uso será obligatorio en toda la planta excepto en oficinas y exteriores, su uso está limitado únicamente a el momento de entrar en áreas de trabajo. También habrá pantallas para soldar que deberán ser únicas e intransferibles a cada soldador que haya en plantilla.

- Protección auditiva:
  Se dispondrán de protectores para el oído en las zonas de la planta donde el ruido supere los 85 decibelios. Habrá veinte unidades.
- Protección de las vías respiratorias

Debido a que la planta mayoritariamente hay gases y varios son tóxicos para la salud humana habrá por toda la planta repartidos mascaras por seguridad. En cada área habrá un mínimo de cinco siendo el área de oficinas y de control donde haya más, veinticinco en las oficinas y diez en la sala de control.

- Ropa de protección:

La empresa proporcionará la siguiente indumentaria:

  - Bata blanca, pantalón blanco, anorak, chubasquero y chaleco sin mangas para los técnicos.
  - Pantalón verde, camiseta azul y chaqueta verde, anorak y chubasquero para los operarios. La ropa estará hecha para que no acumule cargas estáticas.
  - Se dispondrá de ropa de protección diseñada para combatir la corrosividad y la toxicidad de los materiales de nuestra planta en las zonas de almacenamiento y producción.

- Botas de seguridad (reforzadas e impermeables)

Se dispondrá de un par por trabajador, su uso es obligatorio para todos los trabajadores excepto los empleados de oficina; estos últimos también deberán disponer de su par ya que en caso de desplazarse por las diferentes áreas de producción los deberán utilizar. El propio usuario ha de valorar el estado de deterioro de las mismas y pedir uno nuevo cuando así se requiera.
Se consideran botas deterioradas aquellas que las protecciones se desgasten por golpes, la suela se desgaste y deslice o cualquier otro matiz que ponga en riesgo la integridad del usuario.

10.2 Plan de emergencia

El plan de emergencia es un plan de autoprotección de la planta hecho por la misma compañía VIMEPAM en el cual se define la organización, conjunto de medios y procedimientos de actuación con el fin de prevenir los accidentes de cualquier tipo. También es utilizado para limitar los efectos en el interior del establecimiento. Este plan será compuesto de un sistema de organización, unos procedimientos de actuación y unos medios materiales que ayuden a la empresa a prevenir accidentes o mitiguen sus consecuencias tanto en la plantilla de trabajadores como al medio ambiente y las infraestructuras o instalaciones. Las disposiciones mínimas que tiene que tener este plan están detalladas en en la NTP-791 “Planes de emergencia en la industria química” y en el Real decreto (1196/2003).

Las categorías de los accidentes en la industria química se determinan de la siguiente forma:

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

10.3 Plan de emergencia externo

El plan de emergencia externo será usado para prevenir y, en su caso mitigar, las consecuencias de los posibles accidentes graves previamente analizados, clasificados y evaluados, que establezca las medidas de protección más idóneas, los recursos humanos y materiales necesarios y el esquema de coordinación de las autoridades, órganos y servicios llamados a intervenir.

Estos planes, cumplirán con las funciones básicas y dispondrán de los contenidos mínimos indicados en el Art.7 del RD 1196/2003 y se activarán en función de la categoría del accidente, siendo obligatorio siempre que el accidente sea de categoría 2 ó 3. Los accidentes de categoría 1 no justifican la activación del PEE.

A continuación, se muestra una figura de la NTP-791 que indica las partes que contiene el plan de emergencia externo.

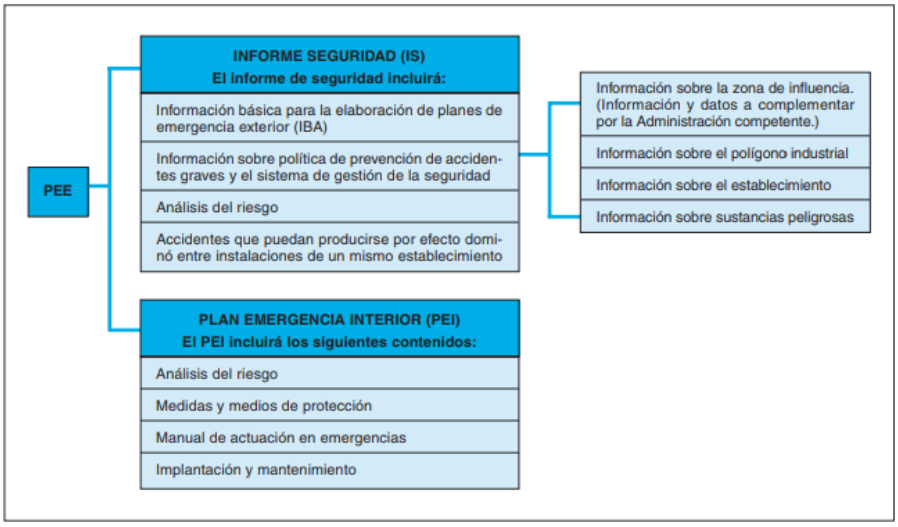


Figura 5. 10-1 Información del plan de emergencia exterior.

El plan de emergencia exterior tendrá dos grandes grupos el informe de seguridad y el plan de emergencia interno de la planta.

10.3.1 Informe de seguridad:

El informe de seguridad tendrá la información básica que deberá aportar la empresa de la cual se haga el informe de seguridad. Esta información servirá para la elaboración de los planes de emergencia exteriores. Esta información será de carácter general sobre el entorno, instalaciones, procesos y productos relacionados con la actividad industrial peligrosa que se realiza en el establecimiento.

La información relativa al entorno del establecimiento será completada por la administración competente para la elaboración del plan (PEE).

Por parte de la industria se tendrá que redactar una política de prevención de accidentes graves con los objetivos y principios de actuación con los objetivos y principios de actuación generales en relación con el control de los riesgos de accidentes graves.

Además, se organizará un sistema de gestión de seguridad que describa los distintos elementos puestos en marcha que permitan definir y aplicar la política de prevención, reflejando el compromiso y cultura de seguridad de la organización.

10.3.2 Plan de emergencia interno

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

El PEI de un establecimiento deberá contemplar la identificación de los accidentes que justifiquen su activación, basándose en un análisis de riesgos acorde con su grado de afectación o el informe de seguridad cuando proceda. En él también se describirán los criterios para la activación dl plan y se desarrollarán los procedimientos organizativos y operativos de actuación para cada caso posible. El plan tendrá los siguientes posibles casos: un incendio, explosión, fuga de gases tóxicos y un vertido de productos peligrosos.

A continuación, se muestra un esquema que deberá tener el PEI de la planta:

Tabla 5. 10-1 Partes principales de un PEI.

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

<u>Análisis del riesgo:</u>

El objetivo de este capítulo es de determinar y valorar las causas de emergencias más previsibles identificando las zonas potencialmente más peligrosas. El estudio de la peligrosidad de origen interno tendrá como características ser sistemático, repetible e involucrar un número suficiente de personas.

El análisis de riesgo constará de los siguientes puntos:

- Descripción general: Descripción emplazamiento, características constructivas y ocupación, accesibilidad y vías de evacuación y un estudio de las instalaciones y zonas donde puedan estar presentes sustancias peligrosas.
- Evaluación del riesgo: Se incluirán una descripción y justificación breve de los principios y metodología utilizados por la evaluación de riesgo y la determinación de los posibles accidentes susceptibles de activar el plan de autoprotección.

- Planos: Se pondrán los planos de todos aquellos elementos que contribuyan al riesgo a escala adecuada. Los diferentes planos deben constituir un conjunto homogéneo en cuanto a escala, orientación y otros aspectos.

Entre los principales métodos de análisis de riesgo más usados en la industria química son: Listas de chequeo, histórico de accidentes, AMFE, HAZOP, FTA, ETA.

Medidas y medios de protección:

Se considerarán los medios materiales, los equipos humanos y las medidas correctores del riesgo y los planos específicos.

Medios materiales:

Se detallarán las características de los medios de prevención y protección disponibles en el establecimiento. Y se identificaran sus posibles deficiencias de funcionamiento o diseño.

Equipos humanos:

Se identificarán los recursos humanos y aquellos más directamente relacionados con las actuaciones en emergencias, indicando la dependencia organizativa y los procesos de movilización, teniendo en cuenta todas las situaciones posibles.

Medidas correctoras del riesgo:

Se identificarán las medidas de prevención y protección existentes que pudieran contribuir directamente a prevenir accidentes y mitigar los efectos de ellos.

Planos específicos:

Se localizarán a un nivel de detalle adecuado los medios y equipos de protección utilizables en caso de accidente, así como de las posibles rutas de evacuación.

Manual de actuación de emergencias:

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

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

Conato de emergencia:

Es aquella situación de emergencia que puede ser neutralizada y dominada de forma sencilla por el personal y medios de protección.

Emergencia parcial:

Aquella situación de emergencia que no puede ser dominada de inmediato como un conato y requiere actuación de los equipos especiales de emergencia del sector. No afectan sectores colindantes ni personas. No precisará de evacuación.

Emergencia total:

Aquella situación de emergencia que supera la capacidad de los medios humanos y materiales contra incendios y emergencias establecidas en la planta industrial y obliga a la actuación de todos los equipos de emergencia de la empresa y la ayuda de medios de socorro y salvamiento exteriores. Con carácter general comportará la evacuación general de la empresa de forma ordenada y controlada.

En el manual se especificarán claramente las condiciones bajo las que puede considerarse la activación de una situación de emergencia, su cambio de clasificación de gravedad y las condiciones para darla por concluida.

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

En el plan interno de emergencia se define la secuencia de las acciones a llevar a cabo para el control de la emergencia, por el personal que forma parte integrante de la estructura de organización de emergencia que determina la empresa VIMEPAM.

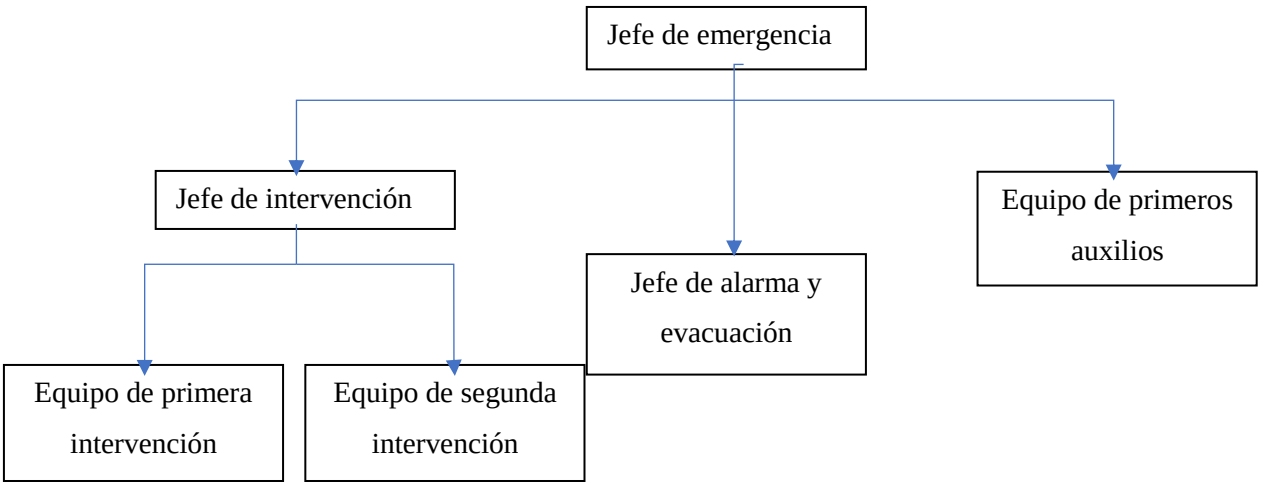
La estructura que se escoge para seguir en la empresa VIMEPAM es la siguiente:

- **Jefe de emergencia:**
  Es el máximo responsable en caso de emergencia. Sus funciones se centrarán en clasificar el tipo de emergencia y tomará las decisiones necesarias en cada caso en función de la información que reciba del centro de coordinación interno. Será obligatoria su presencia continuada en la instalación. Deberá ser consultado en todas las situaciones que involucren aspectos de la seguridad de la planta. Además, será el

interlocutor del establecimiento con la autoridad competente en el exterior para garantizar la coordinación con el plan de emergencia exterior, cuando proceda.

- **Jefe de intervención:**
  Recibirá la notificación de la emergencia por parte del jefe de emergencia y seguirá sus instrucciones. Las funciones principales a llevar a cabo serán asumir la dirección de los equipos de intervención controlando su acción y mantener su comunicación permanente con el jefe de Emergencia.
- **Equipos de primera intervención:**
  Constituidos por personal formada, entrenado y equipado para actuar en el inicio de la emergencia, hará lo que acudirán a la zona donde se ha producido la misma con los medios previstos para cada una de las posibles situaciones de emergencia recogidas en el manual de actuación de emergencias. Como mínimo siempre actuarán por parejas y es recomendable que todo el personal de la planta reciba la formación imprescindible para participar en un equipo de primera intervención.
- **Equipo de segunda intervención:**
  Personal formado, entrenado y equipado para intervenir cuando los equipos de primera intervención no puedan controlar la situación de emergencia.
- **Equipo de alarma y evacuación:**
  Encargados de garantizar y dirigir la evacuación ordenada de las personas hacia la salida de emergencia correspondiente.
- **Equipos de primeros auxilios:**
  Deben prestar los primeros auxilios a los lesionados durante la emergencia y valorar la necesidad de solicitar ayudas sanitarias exteriores, en función de la magnitud de los daños ocasionados y los recursos disponibles.

El organigrama que seguirán los siguientes puestos descritos será el siguiente:



11 Clasificación zonas ATEX

Se consideran áreas de riesgo todas esas áreas en las cuales se pueda formar atmosferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores afectados. Se consideran áreas que no presentan riesgos en materias de atmosferas explosivas aquellas no se puede formar ningún tipo de estas atmosferas en las cantidades que sean necesarias para la adopción de precauciones especiales.

La clasificación definitiva de las zonas ATEX se determina después de valorar la probabilidad de la formación de este tipo de atmosferas mediante la redacción del documento de protección contra explosiones (DPCE). Para la confección de este documento se utilizan las NTP-826 y NTP-876 donde desarrollan como hacer el documento y como hacer la correcta avaluación de los riesgos específicos derivados.

11.1 Sectorización de la planta

Para la sectorización de la planta en zonas ATEX se ha seguido el real decreto 681/2003 donde se clasifica el tipo de zonas ATEX que hay,la frecuencia de las atmosferas explosivas y su duración para que sean una categoría determinada. Las zonas siguen la siguiente clasificación:

- Zona 0: El área de trabajo en la cual una atmosfera gaseosa es presente de forma permanente o durante un largo periodo.
    - Será el caso del interior de los recipientes de almacenamiento cerrados con líquidos inflamables.
    - El entorno inmediato de los puntos de carga y descarga de líquidos inflamables, por encima de su punto de inflamación, en recipientes abiertos.
- Zona 1: El área de trabajo en la que es probable que se formen ocasionalmente atmosferas explosivas consistentes en una mezcla de aire y sustancias explosivas fuera del gas.
    - Son los casos de zonas con proximidad inmediata a oberturas de llenado y vaciado ocasionales de líquidos inflamables.
    - El exterior de recipientes que pueden abrirse ocasionalmente o de proximidad inmediata de las bocas de carga y toma de muestras.
- Zona 2: El área de trabajo en que una atmosfera explosiva gaseosa puede estar presente accidentalmente y durante un periodo muy corto de tiempo.
    - Cubetas de retención en condiciones de seguridad.
    - Zonas en las que hay bridas con juntas, conexiones, válvulas y uniones, donde una fuga se pueda una considerar una situación anormal.

A continuación, se muestra la clasificación de las áreas de la planta de la siguiente forma:

Tabla 5. 11-1 Zonificación ATEX de la planta.

Área	Equipo	Parte del equipo	Clasificación	Distancias de las zonas ATEX
A-100	Tanque pulmón Cloruro de hidrogeno	Interior del tanque	No ATEX	-
		Venteos del tanque	No ATEX	2 metros alrededor del tanque.
		Alrededor de venteos	No ATEX	1 metro alrededor de la zona 1
	Tanque pulmón Acetileno	Interior del tanque	Zona 0	-
		Venteos del tanque	Zona 1	2 metros alrededor del tanque.
		Alrededor de venteos	Zona 2	1 metro alrededor de la zona 1
A-200	Reactores catalíticos	Interior del reactor	Zona 0	-
		Venteos del reactor	Zona 1	1 metro alrededor del venteo
		Alrededor de venteos	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1
A-300	Columna de destilación 1	Interior de la columna	Zona 0	-
		Puntos de entrada y salida	Zona1	1 metro alrededor del venteo
A-400	Columna de destilación 2	Interior de la columna	Zona 0	-
		Puntos de entrada y salida	Zona 1	1.5 metros alrededor de la zona 1

Tabla 5. 11-2 Zonificación ATEX de la planta.

Área	Equipo	Parte del equipo	Clasificación	Distancias de las zonas ATEX
A-400	Columna flash	Interior de la columna flash	Zona 1	
		Venteo de emergencia	Zona 1	1.5 metro alrededor del venteo
		Alrededor del venteo	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 2
A-500	Columna de destilación 3	Interior columna	Zona 1	-
		Puntos de salida/entrada	Zona 2	1.5 metro alrededor del venteo
		Alrededor de la columna	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 2
	Columna de absorción 2	Interior de la columna	Zona 1	-
		Punto de salida acetileno	Zona 0	2 metros alrededor de la salida
		Alrededores	Zona 1	1 metro alrededor de la zona 1
A-600	Tanque cloruro de vinilo	Interior del tanque	Zona 0	-
		Venteos del tanque	Zona 0	1 metro alrededor del venteo
		Alrededor de venteos	Zona 1	2 metros alrededor de la zona 0
A-900	Tanque pulmón DMF	Interior del tanque	No ATEX	-
		Venteos del tanque	No ATEX	-
		Alrededor de venteos	No ATEX	-
A-900	Tanque ácido clorhídrico	Interior del tanque	No ATEX	-
		Venteos del tanque	No ATEX	-
		Alrededor de venteos	No ATEX	-
A-900	Tanque 1,2-dicloroetano	Interior del tanque	Zona 0	-
		Venteos del tanque	Zona 1	1 metro alrededor del venteo
		Alrededor de los venteos	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1

12 Análisis de riesgo

Es importante realizar un análisis de riesgos para estimar la magnitud de los daños y la probabilidad de que ocurra. En el real decreto 1254/1999 se aprueban las mesuras de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en las que intervienen sustancias peligrosas.

El abasto del análisis de riesgo industrial comprende la identificación y avaluación de los riesgos en todas las etapas relevantes desde la concepción del proyecto hasta la parada y puesta en fuera de servicio de la instalación comprendiendo los riesgos potenciales identificados durante la planificación, diseño, ingeniería, construcción y desarrollo de actividades.

Se tiene en consideración las condiciones normales de operación, situaciones rutinarias, las no rutinarias, incidentes y posibles emergencias, así como los riesgos externos a la actividad.

12.1 Análisis HAZOP

El HAZOP (Hazard and Operability) es una metodología con la finalidad de detectar las situaciones de inseguridad o anomalías en la operación de las plantas industriales debido a irregularidades en el proceso de producción.

Este método se basa en valorar las posibles anomalías de operación que cada línea y equipo puede tener. Al valorar estas posibles anomalías también se estudia las consecuencias que pueden tener estas anomalías y las posibles correcciones o soluciones que se pueden dar.

Las características principales de este método son:

- Se basa en la idea de que una desviación en las condiciones normales de funcionamiento puede provocar una fallada del sistema.
- Sigue una metodología sistemática y estricta basada en la aplicación de palabras guía.

En la planta VIMEPAM existen equipos doblados entonces se aprovechará el estudio HAZOP hecho por un equipo para todos los equipos similares.

La realización del análisis HAZOP consta de diversas etapas:

- Definición del área de estudio: Consiste en delimitar las áreas a las cuales se aplica esta técnica. En la planta VIMEPAM las áreas que han sido sujetas a este estudio de seguridad son las siguientes áreas: A-100, A-200, A-300, A-400, A-500, A-600, A-700, A-900.
- Definición de los nudos: En cada uno de estos subsistemas o líneas se deberán identificar una serie de nudos o puntos claramente localizados en el proceso.

12.2 Palabras guía

Las palabras guía ayudan a la estructura del estudio. A continuación, se incluyen las palabras clave más importantes y una explicación.

Tabla 5. 12-1 Palabras guía para la estructuración del estudio HAZOP.

Palabra guía	Significado
No	Ausencia de la variable a la cual se aplica. No se consiguen las intenciones previstas en el diseño
Mas	Aumento cuantitativo de una variable
Menos	Disminución cuantitativa de una variable
Inverso	Se obtiene el efecto contrario al previsto
A más de	Aumento cualitativo. Se obtiene una alguna cosa más que las intenciones del diseño
Parte de	Disminución cualitativa. Se obtiene solo una parte de las intenciones del diseño.
Diferente de	Actividad diferente respecto la operación normal.

A continuación, se procede a realizar el Informe final del análisis HAZOP realizado en la planta:

Tabla 5. 12-2 Análisis Hazop del tanque de almacenamiento del cloruro de vinilo.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Tanque de almacenamiento de Cloruro de vinilo					
ITEM: T-601, T-602					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
No	Caudal	1.Fallo en la válvula de la línea de salida. 2.Tanque vacío	-No hay afluente líquido. -Posible cavitación de la bomba	Alarma de nivel bajo en el tanque/s	1.Operar con otro tanque 2.Mantenimiento de los indicadores de nivel 3. Mantenimiento de las válvulas
	Venteo	1.Fallo de las válvulas de venteo	-No se puede realizar la carga dentro del tanque	-	1.Llenar otro tanque 2.Mantenimiento de las válvulas y bombas
Mas	Flujo	1.Fallo de la válvula de entrada del tanque 2.Fallo de la bomba de carga o sus válvulas	-No se puede realizar la carga dentro del tanque	-	Llenar otro tanque Mantenimiento de las válvulas y bombas
	Venteo	1.Fallo de las válvulas de venteo	- Disminución de la presión	-	Parar las operaciones y utilizar otro tanque. Instalar un indicador de presión

Tabla 5. 12-3 Análisis Hazop del tanque de cloruro de vinilo.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Tanque de almacenamiento de Cloruro de vinilo					
ITEM: T-601, T-602					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
Mas	Nivel	1.Sobrecarga	1.El líquido enrasa el venteo	1.Alarma de nivel alto	1.Parar las operaciones de carga o descarga. 2.Revisar el control del high level swicth. 3.Utilizar válvulas y bombas dobladas
	Caudal	1.Fallo de las válvulas de venteo	1.No se puede realizar la carga dentro del tanque	1.Alarma de nivel alto	1.Llenar otro tanque 2.Mantenimiento de las válvulas y bombas
Menos	Nivel	1.Fallo de la válvula de entrada del tanque 2.Fallo de la bomba de carga o sus válvulas	1.No se puede realizar la carga dentro del tanque	1.Alarma de presión baja 2.Alarma de nivel bajo	1.Llenar otro tanque 2. Utilizar válvulas y bombas dobladas 3.Mantenimiento de las válvulas y bombas
	Caudal	1.Fallo de la válvula de entrada del tanque 2.Fallo de la bomba de carga 3.Fallo en algún equipo anterior	1.Disminución de la presión	1.Alarma de presión baja 2.Alarma de nivel bajo	1.Parar las operaciones y utilizar otro tanque 2.Utilizar válvulas y bombas dobladas 3.Mantenimiento de las válvulas y bombas

Tabla 5. 12-4 Análisis Hazop del tanque de cloruro de vinilo.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Tanque de almacenamiento de cloruro de vinilo					
ITEM: T-601, T-602					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
No	Caudal de entrada	1.Fallo de las válvulas 2.Obstrucción de las tuberías. 3.Fallo de las válvulas	1.Fuga en la tubería y derrame de cloruro de hidrogeno	1.Alarma de nivel mínimo en el tanque	1.Revisión periódica de las válvulas y las bombas
	Estanqueidad	1.Grieta en el tanque provocada por la corrosión o cualquier tipo de golpe en el equipo	1. Fuga de cloruro de hidrogeno	1.Alarma de nivel mínimo en el tanque y control de nivel	1.Revisión del estado del tanque

Tabla 5. 12-5 Análisis Hazop de las columnas de destilación.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Columna de destilación					
ITEM: CD-301, CD-401, CD-501					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
No	Caudal de alimento	1.Fallada del control de entrada 2.Fallada de las válvulas del control de entrada	Parada de la separación de los productos	Alarma de control	Utilización de válvulas auxiliares e instalación de una válvula manual
	Caudal de salida del gas	Fallada de la válvula de salida	Aumento de la presión de la columna	Indicador de presión	Utilización de válvulas auxiliares e instalación de una válvula manual
	Caudal de reflujo	Obstrucción de la bomba de reflujo	Aumento de la temperatura a la columna y descomposición térmica	Indicador de temperatura	Utilización de bombas auxiliares

Tabla 5. 12-6 Análisis Hazop de las columnas de destilación.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Columna de destilación					
ITEM: CD-301, CD-401, CD-501					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
Menos	Temperatura del condensador de la temperatura	1.Obstrucción de las cañerías del refrigerante o caída de presión en el sistema.	1.Aumento de la presión a la columna por un exceso de vapor	1.Alarma de temperatura baja por cabezas	Utilización de las válvulas auxiliares
	Temperatura del reboiler de la columna	1.Reboiler afectado	1.Separación ineficaz	1.Alarma de nivel alto en el reboiler	Mantenimiento de las tuberías y alarmas de advertencia
	Concentración de destilado deseado	1.Platos de la columna, condensador o reboiler rotos	1.Pérdida de producto y poco aprovechamiento de las materias primas	Alarma de temperatura	Revisar la relación de reflujo y el caudal de refrigerante
Más	Presión	1.Caudal de alimento alto 2.Aumento de los vapores	1.Diminución del producto deseado. 2.Composición de destilado baja	1.Alarma de diferencia de presión alta	

Tabla 5. 12-7 Análisis Hazop del reactor catalítico.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Reactor catalítico					
ITEM: R-201, R-202, R-203, R-204					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
No	Caudal	1.Fallo en el control de caudal. 2.Fallo en las válvulas de regulación de caudal 3.Fallo de los compresores anteriores. .	-Paralización del proceso	1.Alarma de presión baja a la entrada del reactor. 2.Alarma de temperatura baja del reactor	1.Utilizar la válvula de regulación auxiliar 2.Hacer mantenimiento de los equipos de servicios
	Servicios	1.Fallo en control de temperatura 2.Fallo en el control de caudal 3.Fallo de los equipos	-Paralización del proceso para evitar un runaway	Alarma de temperatura alta del reactor	1.Utilizar una válvula de regulación auxiliar y reparar la rota 2.Hacer mantenimiento de los equipos de servicios

Tabla 5. 12-8 Análisis Hazop de los reactores catalíticos.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Reactor catalítico					
ITEM: R-201, R-202, R-203, R-204					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
Más	Presión	1.Fallo en el control de caudal de entrada de los reactivos 2.Fallo de la válvula de regulación	-Condiciones no óptimas para que la reacción se pueda dar de forma óptima	1.Alarma de presión baja a la entrada del reactor	-Utilizar otro reactor y hacer tareas de mantenimiento sobre la válvula
	Temperatura	1.Fallo del control de caudal de refrigerante 2.Fallo en el control de temperatura del caudal de refrigerante 3.Obstrucción de la camisa	1.Disminución del rendimiento de la reacción 2.Mal aislamiento de los equipos de frio	1.Alarma de temperatura baja de refrigerante 2.Alarma de caudal bajo de refrigerante	-Utilizar otro reactor y hacer tareas de mantenimiento sobre la válvula
	Flujo	1.Fallo del control del caudal de entrada de reactivo	1.Nivel de reactivo superior al deseado 2.Aumento de la presión en el reactor	1.Alarma de presión alta en la entrada del reactor	1.Utilizar las purgas para evitar la sobrepresión del reactor 2.Utilizar la válvula doblada y reparar la dañada

Tabla 5. 12-9 Análisis Hazop del reactor catalítico.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Reactor catalítico					
ITEM: R-201, R-202, R-203, R-204					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
MENOS	Presión	1.Fallo del control de caudal 2.Fallo de las válvula.	Disminución del rendimiento de la reacción	Alarma de caudal baja en el caudalímetro anterior	1.Cambio de la válvula que no funciona y uso de la válvula doblada 2.Comprobar que el control de caudal es el correcto
	Temperatura	1.Fallo del intercambiador de calor anterior	1.El reactor recibe los reactivos a una temperatura diferente a la de operación. Disminuyendo el rendimiento	-Alarma de temperatura baja del reactor	1.Mantenimiento del intercambiador anterior
	Caudal	1.Fallo del control de caudal de entrada 2.Fallo en el compresor	1.Nivel de reactivos en el interior inadecuados 2.Disminución de la producción	1.Alarma de caudal bajo en la entrada de los reactores	1.Controlador del caudal de entrada 2.Mantenimiento de los equipos e instrumentos

Tabla 5. 12-10 Análisis Hazop de la CA-501.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Columna de absorción de pared húmeda					
ITEM: CA-501					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
No	Caudal de entrada	1.Obstrucción en las válvulas o en las tuberías 2.Fallo en el control de caudal	1.Ácido clorhídrico menos concentrado en la salida	1.Control de caudal 2.Alarma de nivel mínimo	1.Revisar el control de caudal 2.Revisión de las válvulas y tuberías
	Caudal de agua				

Tabla 5. 12-11 Análisis Hazop de la CA-501

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Columna de absorción de pared húmeda					
ITEM: CA-501					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
MAS	Caudal	1.Fallo de la válvula 2.Fallo de las bombas	1.Ácido clorhídrico más concentrado en la salida 2.Aumento de la temperatura y presión 3.Aumento del nivel, posible fuga de gases tóxicos	1.Alarma de temperatura máxima 2.Control de nivel 3.Disco de rotura	1.Revisión del control de temperatura 2.Revisión del sistema de refrigeración
	Temperatura	1.Agua de refrigeración insuficiente 2.Fallo en el control de la temperatura. 3.Aumento del caudal de entrada 4.Aumento de la presión	1.Evaporación del fluido, provoca aumento de presión 2.Posible rotura o explosión del equipo debido a que la reacción es fuertemente exotérmica	1.Alarma de temperatura máxima 2.Control de nivel	1.Revisión del control de temperatura 2.Inspección del sistema de refrigeración
	Presión	1.Aumento de la temperatura 2.Aumento del caudal de entrada	1.Posible rotura o explosión del equipo por sobrepresión 2.Fuga de gases tóxicos	1.Alarma de presión máxima 2.Control de nivel 3.Disco de rotura	1.Revisión del control d temperatura 2.Inspección del sistema de refrigeración

Tabla 5. 12-12 Análisis Hazop de la columna CA-501

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Columna de absorción de pared húmeda					
ITEM: CA-501					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
Menos	Caudal	1.Obstrucción de la válvula 2.Fuga de las tuberías	1.Ácido clorhídrico menos concentrado en la salida	1.Control de temperatura 2.Alarma de nivel mínimo	1.Revisión de las válvulas y las tuberías
	Temperatura	1.Disminución de la presión 2.Agua de refrigeración en exceso 3.Fallo en el control de la temperatura	1.Formación de vacío, deformación del equipo 2.La reacción se ve afectada, lo que provoca una perturbación en el producto obtenido	1.Control de temperatura 2.Control de nivel	1.Revisión del sistema de refrigeración 2.Revisión del control de temperatura 3.Introducir control de la presión
	Presión	1.Disminución de la temperatura 2.Fuga en las tuberías	1.Baja la concentración d ácido clorhídrico 2.Fuga de gases tóxicos	1.Control de temperatura 2.Alarma de nivel mínimo	1.Revisión del control de temperatura 2.Revisión de las tuberías

Tabla 5. 12-13 Análisis Hazop de la columna CA-501

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Columna de absorción de pared húmeda					
ITEM:CA-501					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
Parte de	Composición	1.Impurezas por la corrosión de las tuberías 2.Fuga en el serpentín	1.Disminución de la concentración del ácido clorhídrico 2.Reacciones no deseadas 3.variación de la temperatura y la presión	1.Control de temperatura 2.Alarma de nivel máximo	1.Revisión del sistema de refrigeración 2.Revisión de las tuberías
	Caudal de entrada	1.Fallo en los procesos previos	1.Disminución de la concentración del ácido clorhídrico 2.Variación de la temperatura y la presión	1.Control de temperatura	1.Revisión de los procesos previos 2.Control de la composición del producto a la salida de la columna

Tabla 5. 12-14 Análisis Hazop de los tanques pulmón de DMF, acetileno y cloruro de hidrogeno.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Tanque pulmón de DMF y de los reactivos					
ITEM: T-901, T-101, T-102					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
No	Caudal de salida de materia	1.Fallo de la válvula de salida 2.Tanque vacío	No llega materia a la torre de absorción y no se puede dar la separación del nitrógeno de los demás componentes	Indicador de nivel del tanque. Alarma de nivel bajo	Hacer una reparación rápida o parar todo el proceso
	Caudal de entrada de materia.	1.Fallo de la válvula de entrada 2.Fallo de la bomba de llenado 3.Fuga en alguna de las tuberías	El tanque no se llena y/o pierde nivel	Indicador de presión o nivel. Alarma de nivel bajo	1.Abrir la válvula manualmente 2.Utilizar la bomba doblada y cambiar la bomba rota 3.Hacer una parada de emergencia y arreglar la tubería donde haya una fuga
	Venteo	Fallo de la válvula de venteo	Aumente de la presión	Indicador de presión. Alarma de alta presión	Parar las opciones de carga y descarga. Y hacer una parada de emergencia de la planta

Tabla 5. 12-15 Análisis Hazop de los tanques pulmón de DMF, acetileno y cloruro de hidrogeno.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Tanque pulmón de DMF y de los reactivos					
ITEM: T-901, , T-101, T-102					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
Más	Caudal de entrada o salida de materia	Fallo de la bomba que llega hasta el proceso	Aumento del nivel del tanque o del siguiente equipo	Indicador de nivel del tanque. Alarma de nivel bajo	Utilizar la bomba doblada y cambiar la bomba estropeada
	Presión	Aumento de la presión del tanque	Problemas en el sistema de venteo	Indicador de presión.	Revisión y mantenimiento del sistema de venteo
	Venteo	Fallo de la válvula de venteo	Aumente de la presión	Indicador de presión. Alarma de alta presión	Parar las opciones de carga y descarga. Y hacer una parada de emergencia de la planta

Tabla 5. 12-16 Análisis Hazop de los compresores del proceso.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Compresores del proceso					
ITEM: ITEM: CM-201 A/B, CM-202 A/B, CM-301 A/B, CM-302 A/B, CM-401 A/B, CM-402 A/B, CM-403 A/B					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones para tomar
No	Caudal entrada	1.Fallo del compresor 2.Fallo de las válvulas que lo acompañan 3.Obstrucción de cañería de aspiración	1.Acumulación de presión a los equipos anteriores	1.Alarma de presión alta en los equipos anteriores 2.Alarma de no caudal en la salida del compresor	1.Utilizar el compresor doblado y sustituir el roto
Menos	Caudal	1.Fallo de la bomba 2.Fallo de las válvulas que la acompañan	1.Acumulación de fluidos de los equipos anteriores	1. Alarma de no caudal en la salida del compresor	1.Utilizar el compresor doblado y sustituir el roto
Inverso	Caudal	1.Fallo del compresor	Contaminación de los corrientes y desviación del corriente de vuelta	1.Indicador de presión o caudalímetro	Substitución de los compresores y utilización del compresor doblado.

Tabla 5. 12-17 Análisis Hazop de los intercambiadores de calor.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Intercambiadores de calor					
ITEM: E-201, E-202, E-301, E-302, E-303, E-304, E-401, E-402, E-403, E-404, E-405, E-406					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
No	Caudal de refrigerante	1.Fallo de la válvula de control 2.Fallo de la bomba de suministro del refrigerante 3.Fallo del suministro eléctrico de la bomba 4.Obstrucción de la cañería d entrada 4.Fallo del controlador y del cierre de la válvula	No entra caudal del refrigerante o vapor Ni calienta ni enfría	Sonda de temperatura a la salida del intercambiador de calor Alarma de alta temperatura	1.Abrir la válvula manualmente 2.Utilizar la bomba doblada de la línea de servicios para seguir operando 3.Instalar una fuente de energía para que pueda seguir funcionando la bomba 4.Poner filtro en las líneas de agua de refrigeración 5.Efectuar revisiones periódicas al controlador

Tabla 5. 12-18 Análisis Hazop de los intercambiadores de calor.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Intercambiadores de calor: E-201, E-202, E-301, E-302, E-303, E-304, E-401, E-402, E-403, E-404, E-405, E-406					
ITEM:					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
Más	Caudal de refrigeración	1.Fallada de la válvula de control 2.Fallada de la bomba de suministro de refrigerante/vapor. 3.Fallo del controlador y del cierre de la válvula	Entra más caudal de refrigerante o de vapor. La temperatura es mayor o menor a la de diseño y puede provocar en las siguientes etapas del proceso	Alarma de temperatura baja/alta dependiendo si enfría o calienta el intercambiador de calor.	1.Cierre de la válvula manualmente 2.Poner un variador de frecuencia. Si esta puesto, poner una bomba doblada 3.Hacer revisiones periódicas y reparar el controlador si hace falta
	Temperatura	1.fallo del sistema de refrigeración/calefacción 2.Aumento de la presión	1.Entra más caudal de refrigerante o de vapor 2.Debido al aumento de presión la eficiencia del intercambiador disminuye y la temperatura es diferente a la de diseño	Alarma de temperatura Alta	1.Actuación de los sistemas de control de presión. Revisión del servicio del agua de refrigeración 2.Revisión del motor de variación de frecuencia de la bomba

Tabla 5. 12-19 Análisis Hazop de los intercambiadores de calor.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Intercambiadores de calor					
ITEM: E-201, E-202, E-301, E-302, E-303, E-304, E-401, E-402, E-403, E-404, E-405, E-406					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
Más	Caudal de fluido de proceso	1.Fallo en la válvula de control 2.Fallo de la bomba de suministro del fluido 3.Obstrucción de la cañería	Entra más fluido del diseñado por el proceso. Y no se enfría o calienta lo suficiente y la temperatura de diseño no es la correcta	Alarma de la temperatura del fluido baja/alta	1.Cierra de la válvula de proceso manualmente 2.Poner un variador de frecuencia. Si esta puesto, utilizar la bomba doblada y cambiar la bomba rota 3.Poner filtros a lo largo de la línea de fluido
Menos	1.Caudal de refrigeración	1.Fallada d la válvula de control. 2.Fallo de la bomba de suministro. 3.Fallo del controlador y del cierre de la válvula	Entra menos caudal de refrigerante o de vapor. Temperatura del fluido diferente a la de diseño	Alarma de temperatura del fluido de proceso alta/baja	1.Cierra de la válvula manual hasta entrar en los límites de diseño 2.Poner un variador de frecuencia. Si ya esta puesto, utilizar la bomba doblada y cambiar la bomba que no funciona 3.Hacer revisiones periódicas y reparar el controlador si hace falta

Tabla 5. 12-20 Análisis Hazop de los intercambiadores de calor.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Intercambiadores de calor					
ITEM: E-201, E-202, E-301, E-302, E-303, E-304, E-401, E-402, E-403, E-404, E-405, E-406					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
Menos	2.Temperatura	1.Fallo del sistema de refrigeración/vapor 2.Aumento de presión.	Entra más/menos caudal de refrigerante o de vapor La temperatura es diferente a la de diseño	Alarma de la temperatura del fluido baja/alta	1.Acuación en los sistemas de control de presión 2.Revisión del motor de variación de frecuencia de la bomba .
	3. Caudal del fluido de proceso	1.Fallada d la válvula de control 2.Fallo de la bomba de suministro 3.Obstruccion de la cañería de proceso	Entra menos fluido del diseñado por el proceso. Y no se enfría o calienta lo suficiente y la temperatura de diseño no es la correcta	Alarma de temperatura del fluido de proceso alta/baja	1.Cierra de la válvula manual hasta entrar en los límites de diseño 2.Poner un variador de frecuencia. Si ya está puesto, utilizar la bomba doblada y cambiar la bomba que no funciona 3.Poner filtros a lo largo de la línea de fluido

Tabla 5. 12-21 Análisis Hazop de la caldera de vapor.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Caldera de vapor					
ITEM: CV-01					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
No	Caudal de entrada	Válvula de flujo de agua rota	1.Falta de vapor en la línea de vapor	Sensor de nivel	Parada de la planta

Tabla 5. 12-22 Análisis Hazop de la caldera de vapor.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Caldera de vapor					
ITEM: CV-01					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
Mas	Caudal de entrada	Válvula de flujo de agua deteriorada	Llama del combustible inestable	Sensor de nivel	Apertura de las válvulas de purga
	Nivel	Válvula de nivel de agua deteriorada	Inundaciones en la caldera	Sensor de nivel	Apertura de las válvulas de purga
	Temperatura	1.Temperatura superior a la de diseño por falta de agua o incrustaciones 2.Alta temperatura del fluido	Explosión de la caldera	Sensor de temperatura Alarma por alta temperatura	1.Válvulas de control de temperatura con sensores automatizados 2.Tapon fusible
	Presión	1.Vaporización instantánea y expansión brusca del agua 2.Combustión instantánea de los vapores del combustible 3.Disminución del espesor de las paredes	1.Rotura de la caldera 2.Rotura de la caldera 3.Explosión de la caldera	Sensor de presión Alarma de alta presión	1.Válvulas de control de presión reducen la presión en la caldera 2y3.Valvulas de seguridad de control de presión

Tabla 5. 12-23 Análisis Hazop de la caldera vapor.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Caldera de vapor					
ITEM: CV-01					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones que tomar
MENOS	Presión	Disminución de el espesor de las paredes	Implosión de la caldera	Sensor de nivel	Uso de las válvulas de seguridad de control de presión
	Mantenimiento	Corrosión y/o erosión de las paredes de la caldera	Rotura de partes de la pared de la caldera	Supervisión del equipo	Realizar reparaciones en el equipo o si es necesario el cambio del equipo

Tabla 5. 12-24 Análisis Hazop de las bombas de proceso.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Bombas del proceso					
ITEM: P-301, P-401, P-501, P-502, P-503, P-601, P-801, P-802, P-803					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones para tomar
No	Caudal entrada	1.Fallo de la bomba 2.Fallo de las válvulas que la acompañan 3.Obstrucción de cañería de aspiración	Acumulación de fluidos a los equipos anteriores	Indicador de presión	Utilizar la bomba doblada
Menos	Caudal	1.Fallo de la bomba 2.Fallo de las válvulas que la acompañan	Acumulación de fluidos de los equipos anteriores	Indicador de presión	Utilizar la bomba doblada
Inverso	Caudal	1.Fallo de la bomba 2.Fallo de las válvulas que la acompañan	Contaminación de los corrientes y desviación del corriente de vuelta	Indicador de presión o caudalímetro	Substitución de la bomba y utilización de la bomba doblada

Tabla 5. 12-25 Análisis Hazop de los reboilers.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Reboilers					
ITEM: RB-301, RB -401, RB-501					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones para tomar
No	Caudal calefactor	1.Obstrucción de las tuberías 2.Fallo de las válvulas. 3.Fuga del fluido calefactor	1.Intercambio de calor insuficiente 2.Posible rotura del intercambiador por sobrepresión	1.Control de temperatura. 2.Alarma de nivel mínimo 3.Control de presión	1.Revisión periódica de las válvulas y bombas
Más	Temperatura	1.Aumento de la presión 2.Entrada del fluido a demasiada temperatura. 3.Fluido calefactor a demasiada temperatura. 4.Fallo del control de temperatura	1.Posible rotura y explosión del reboiler 2. Fuga o derrame de fluido calefactor 3.Funcionamiento de la columna alterado 4.Aumento de la temperatura	1.Control de la temperatura 2.Control de la presión. 3.Disco de rotura	1.Revisión del control de la temperatura y de la presión 2.Revisión de las válvulas

Tabla 5. 12-26 Análisis Hazop de los reboilers.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Reboilers					
ITEM: RB-301, RB-401, RB-501					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones para tomar
Más	Presión	1.Aumento de la temperatura 2.Aumento de la entrada de líquidos 3.Bloqueo de la salida de gases	1.Salida de gases a temperaturas más elevadas 2.Sobrepresión, peligro de rotura del equipo	1.Control de la temperatura de la presión 2.Disco de rotura	1.Revisión de control de presión y de la temperatura
	Caudal de entrada	1.Fallo de las válvulas.	1.Aumento de la presión, posible rotura del tanque 2.Aumento de la temperatura	1.Control de temperatura	1.Revisión de las válvulas 2.Añadir control de caudal

Tabla 5. 12-27 Análisis Hazop de los reboilers.

Planta de producción de cloruro de vinilo VIMEPAM					
Reboilers					
ITEM: RB-301, RB-401, RB-501					
Palabra guía	Desviación variable	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones para tomar
Menos	Temperatura	1.Fallo control de la presión 2.Disminución del caudal de fluido calefactor	1.Aumento de la presión 2.Disminución de la temperatura de la columna 3.Disminución del gas recirculado a la columna	1.Control de presión 2.Control de la temperatura .	1.Revisión del equipo 2.Revisión del control de presión y temperatura 3.Revisión del sistema de aislamiento
	Presión	1.Fallo control de presión 2.Fallo del control de nivel. 3.Obstrucción de las válvulas	1.Formación de vacío, posible deformación del equipo	1.Alarma de baja presión 2.Alarma de nivel bajo 1.Control de presión 2.Control de nivel bajo	1.Revisión del control de presión y nivel 2.Revisión de las válvulas

13 Bibliografía

1) ITC MIE-APQ1: Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles [en línea]. consulta: 13/04/2018

http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/RD/2001/379_01/PDFs/ITC-MIE-APQ1.pdf

2) ITC MIE-APQ6: Almacenamiento de líquidos corrosivos [en línea]. consulta: 13/04/2018

http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/RD/2001/379_01/PDFs/ITC-MIE-APQ-6.pdf

3) ITC MIE-APQ7: Almacenamiento de líquidos tóxicos [en línea]. consulta: 13/04/2018

http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/RD/2001/379_01/PDFs/ITC-MIE-APQ%207.pdf

4) Indicaciones de peligro [en línea]. consulta:25/3/2018

http://www.msds-europe.com/id-211-frases_h_p_clp_ghs.html

5) Frases R y S [en línea]. consulta: 25/3/2018

http://www.msds-europe.com/id-210-frases_r_s.html

6) Señales [en línea]. consulta: 2/3/2018

http://ebersign.com/senalizacion/senales-obligacion-din

7) Propiedades de seguridad de las sustancias [en línea]. consulta: 15/3/2018

https://www.chemicalbook.com

8) Fichas de seguridad [en línea]. consulta:15/3/2018

http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.a82abc159115c8090128ca10060961ca/?vgnextoid=4458908b51593110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&page=12

9) Tablas de revisión de los tanques de almacenaje [en línea]. consulta: 1/6/2018

http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FICHAS%20DE%20PUBLICACIONES/EN%20CATALOGO/Higiene/Almacenamiento%20de%20productos%20quimicos.pdf

10) Placas ADR [en línea]. consulta: 5/6/2018

http://www.traficoadr.com/mercancias_peligrosas.php?onu=1001