

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CLORURO DE VINILO



Universitat Autònoma de Barcelona
ESCOLA D'ENGINYERIA
Proyecto de Final de Grado
GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

Tutor: Marc Peris
Luis Enrique Brenes
David Gómez
Bàrbara Tobella
Adrián Ruiz
Matías Llorca

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CLORURO DE VINILO

Capítulo 5. Seguridad e higiene



CAPÍTULO 5. SEGURIDAD E HIGIENE

5. SEGURIDAD E HIGIENE	5
5.1 INTRODUCCIÓN	5
5.2 LEGISLACIÓN REFERENTE A LA SEGURIDAD Y SALUD.....	5
5.2.1 LEGISLACIÓN.....	5
5.2.2 Normas y notas técnicas de prevención	10
5.3 SUSTANCIAS QUÍMICAS.....	11
5.3.1 Clasificación de las sustancias químicas.....	11
5.3.2 Envasado y etiquetado de las sustancias químicas	17
5.3.3 Fichas de seguridad de las sustancias químicas	19
5.4 ALMACENAJE DE SUSTANCIAS QUÍMICAS.....	20
5.4.1 Normativa de almacenaje	20
5.4.2 Compatibilidad de sustancias en el almacenaje.....	20
5.4.3 Tanques de almacenamiento	21
5.4.4 Unidades de carga, descarga y transporte	22
5.5 PRINCIPALES RIESGOS DE LA INDUSTRIA	23
5.5.1 Clasificación de los riesgos	24
5.5.2 Riesgo de explosión.....	25
Explosiones físicas	25
Explosiones químicas.....	26
5.5.2.1 Medidas de seguridad y prevención en caso de explosión	27
5.5.3 Riesgo de incendio.....	28
5.5.4 Riesgo de Fuga	29
5.5.5 Riesgo a la exposición a productos químicos	31
5.5.5 Riesgo de ergonomía.....	32
5.6 SEÑALIZACIÓN	33
5.6.1 Normativa vigente	33
5.6.2 Señales en forma de panel	34
5.6.3 Señales luminosas y acústicas	38
5.6.4 Comunicación verbal	39
5.6.5 Señales táctiles	39

5.6.6 Señales gestuales.....	39
5.7 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD.....	40
5.7.1 Obligaciones del empresario.....	40
5.7.2 Obligaciones de los trabajadores en prevención de riesgos	41
5.8 CONDICIONES CONSTRUCTIVAS.....	42
5.8.1 Seguridad estructural	42
5.8.2 Suelos, desniveles, escaleras y barandillas.....	42
5.8.3 Ventanas.....	43
5.8.4 Puertas.....	43
5.8.5 Vias de circulación.....	43
5.8.6 Salidas de emergencia y salidas de evacuación	44
5.9 HIGIENE	44
5.9.1 Limpieza.....	44
5.9.2 Limpieza de los equipos	45
5.9.3 Sanidad en la planta	45
5.9.4 Higiene personal.....	45
5.10 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs).....	45
5.10.1 Equipos de protección individual parciales.....	47
5.10.2 Equipos de protección individual integrales	51
5.11 PRIMEROS AUXILIOS.....	54
5.11.1 Escala de cadena de auxilio	54
5.11.2 PAS.....	55
5.11.3 Formación de socorrismo laboral.....	55
5.11.4 Materiales y locales de primeros auxilios	55
5.11.5 Primeros auxilios asociados a las sustancias de la planta	56
5.12 SEGURIDAD ELÉCTRICA.....	58
5.12.1 Instalaciones eléctricas.....	59
5.12.2 Trabajos sin tensión.....	59
5.12.3 Trabajos en tensión	60
5.12.4 Trabajos en emplazamientos con riesgo	61
5.13 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	61
5.13.1 Clasificación de incendios.....	62
5.13.2 Clasificación de las áreas según riesgo de incendio	63
5.13.3 Triángulo y tetraedro del fuego	68

5.13.4 Acciones de extinción	69
5.13.5 Fuentes, causas y tipos de fuego en la planta.....	69
5.13.6 Detectores de incendio	71
5.13.7 Agentes extintores	72
5.13.8 Protección activa contra incendios	74
5.13.9 Protección pasiva contra incendios.....	77
5.13.10 Protección con extintores	77
5.14 PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIONES	79
5.14.1 Clasificación de explosiones	79
5.14.2 Clasificación de las áreas según riesgo de explosión	79
Clasificación exterior	80
Clasificación interior	80
5.14.3 Acciones de extinción	86
5.14.4 Fuentes y causas de explosión en la planta	86
5.14.5 Detectores de atmósferas explosivas.....	86
5.14.7 Protección contra explosiones	87
5.15 ANÁLISIS DEL RIESGO	88
5.15.1 Análisis de riesgo HAZOP.....	89
5.15.2 Análisis HAZOP	91
AREA 200	91
Área 300	95
Área 400 y 500.....	101
Área 600	109
5.16 PLAN DE EMERGENCIA INTERIOR (P.E.I.)	116
5.16.1 Organigrama del personal que gestiona las emergencias	117
5.16.2 Plan de Actuación en caso de emergencia.....	117
5.16.3 Primeros auxilios	119
5.16.4 Iluminado de emergencia.....	119
5.16.5 Recuento del personal.....	119
5.16.6 Categorización de los accidentes	119
5.16.8 Mantenimiento de la operatividad del PEI.....	120
Difusión del PEI.....	120
Mantenimiento de la documentación.....	120
5.17 APÉNDICE	120

5.17.1 Hojas de seguridad	120
5.18 Bibliografía.....	134

5. SEGURIDAD E HIGIENE

5.1 INTRODUCCIÓN

Desde hace años hasta la actualidad, la utilización de productos químicos se ha extendido a prácticamente todas las ramas de la actividad química. Por otra parte, miles de substancias químicas son utilizadas diariamente y en altas cantidades junto con la introducción al mercado de muchas otras, con lo que provoca la existencia de ciertos riesgos.

Una de las partes más relevantes en las industrias de procesos químicos son los mecanismos de seguridad e higiene. Generalmente las industrias químicas se caracterizan por tener pocos accidentes, no obstante, cuando se producen provocan grandes catástrofes y de graves efectos. Es por esto por lo que los aspectos relacionados con la seguridad tienen gran importancia y sean objeto de meticuloso estudio en el diseño y en la operación, sin olvidar el mantenimiento.

Por lo tanto, se requiere un flujo adecuado de información sobre los peligros y medidas de seguridad a tener en cuenta tanto por los productores como por los distribuidores de productos químicos y quien los utiliza con el fin de tener un control efectivo de los riesgos químicos. Además, hay que hacer un esfuerzo adicional para que los trabajadores de dichas plantas se adapten y se apliquen las medidas necesarias con la finalidad de proteger a los operarios o trabajadores, la población y el medio ambiente. Por otra parte, y debido a la imposibilidad de negación de riesgos de accidente, también se plantearán posibles medidas de actuación a posibles accidentes, junto con un análisis detallado de cada zona.

5.2 LEGISLACIÓN REFERENTE A LA SEGURIDAD Y SALUD

Debido a que la legislación es un campo muy extenso, se muestran los decretos, directivas y otras normativas de importancia para este proyecto, donde los *Reales decretos* se recogen en el *Boletín Oficial del Estado* (BOE) (1) y las *Normas y notas técnicas* en el *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo* (2).

5.2.1 LEGISLACIÓN

5.2.1.1 Legislación General

- Constitución española de 1978 sobre seguridad y salud en el trabajo. Artículo 43 donde se reconoce el derecho a la protección de la salud. B.O.E 29.12.1978
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (Artículo 17.1, 29.2 (1º, 3º), 41.)
- Orden de 9 de marzo de 1971, por la cual se aprueba la ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (BOE de 16 de marzo de 1971). Derogada parcialmente.
- Real Decreto 2200/1995, Reglamento de la Infraestructura por la Calidad y la Seguridad Industrial. (BOE núm. 32, de 6 de febrero de 1996)
- Real decreto 780/1998, de 30 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención.

- Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- Orden de 30 de marzo de 1999, por la cual se establece el día 28 de abril de cada año como Día de la Seguridad y Salud en el Trabajo (BOE 88, de 13 de abril de 1999).
- Real decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo (BOE 104, de 1 de mayo de 2001).
- Real decreto 1196/2003, de 19 de septiembre, por el cual se aprueba la Directriz básica de protección civil para el control y la planificación ante el riesgo de accidentes graves en que intervienen sustancias peligrosas (BOE 242, de 9 de octubre de 2003).
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales (BOE 298, de 13 de diciembre de 2003). Afecta a la ley 31/1995, de 8 de noviembre.
- Real decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Reglamento (CE) núm. 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), por el cual se crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicas (ECHA). DOCE L 396 30/12/2006. Entrada en vigor 1/6/2007. Modificación posterior (CE) no 1272/2008.
- Real decreto 100/2011, de 28 de enero, por el cual se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminantes de la atmósfera y se restablecen las disposiciones básicas para su aplicación. (BOE núm. 25, de 29 de enero de 2011)
- Directiva 2012/18/UE del Parlamento Europeo y del Consejo (Seveso III) de 4 de julio de 2012 relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas y por la que se modifica y ulteriormente deroga la Directiva 96/82/CE (Seveso II).
- Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.

5.2.1.2 Legislación de comercialización, clasificación y etiquetado.

- Orden de 21 de febrero de 1997, por el cual se modifica el anexo Y del Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, aprobado por el Real decreto 363/1995, de 10 de marzo. (BOE 59, de 10 de marzo de 1997).
- Real decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo (BOE 97, de 23 de abril de 1997).

- Real decreto 255/2003, de 28 de febrero, por el cual se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos (BOE núm.54, de 4 de marzo de 2003).
- Real decreto 1802/2008, de 3 de noviembre, por el cual se modifica el Reglamento sobre la notificación de sustancias nuevas y clasificación envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, modificando el Real decreto 363/1995, de 10 de marzo, con el fin de adaptar al Reglamento (CE) núm. 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo (Reglamento REACH).
- Ley 8/2010, de 31 de marzo, por la cual se establece el régimen sancionador previsto en los Reglamentos (CE) relativos al registro, a la evaluación a la autorización y a la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH) y sobre la clasificación, el etiquetado y el envasado de sustancias y mezclas (CLP), que lo modifica. (BOE núm.79, de 1 de abril de 2010)

5.2.1.3 Legislación de almacenamiento y transporte.

- Real Decreto 387/1996, de 1 de marzo, por el que se aprueba la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de accidentes en los transportes de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril.
- Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.
- Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
- Real Decreto 1256/2003, de 3 de octubre, por el que se determinan las autoridades competentes de la Administración General del Estado en materia de transporte de mercancías peligrosas y se regula la comisión para la coordinación de dicho transporte.
- Real decreto 1566/1999, de 8 de octubre, sobre los consejeros de seguridad por el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable. (BOE núm. 251, de 20 de octubre de 1999)
- Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10.
- Real decreto 97/2014, de 14 de febrero, por el cual se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español. (BOE núm. 50, de 27 de febrero de 2014)
- Real Decreto 1802/2008, de 3 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, aprobado por Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, con la finalidad de adaptar sus disposiciones al Reglamento (CE) n.o 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo.

5.2.1.4 Legislación para la prevención de incendios y explosiones

- Real decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el cual se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. (BOE 303, de 17 de diciembre de 2004)

- Real decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el cual se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. (BOE núm. 298, de 14 de diciembre de 1993)
- Real decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el puesto de trabajo. (BOE núm. 145, de 18 de junio de 2003)
- Real decreto 1468/2008, de 5 de septiembre por el cual se modifica el Real decreto 393/2007, de 23 de marzo, por el cual se aprueba la norma básica de autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia. (BOE núm. 239, de 3 de octubre de 2008)
- Ley 3/2010, del 18 de febrero, de prevención y seguridad en materia de incendios en establecimientos, actividades, infraestructuras y edificios. (BOE núm. 89, de 13 de abril de 2010)
- Decreto 82/2010, de 20 de junio, por el que se aprueba el catálogo de actividades y centros obligados a adoptar medidas de autoprotección y se fija el contenido de estas medidas.
- Real decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Real Decreto 144/2016, de 8 de abril, por el que se establecen los requisitos esenciales de salud y seguridad exigibles a los aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas y por el que se modifica el Real Decreto 455/2012, de 5 de marzo, por el que se establecen las medidas destinadas a reducir la cantidad de vapores de gasolina emitidos a la atmósfera durante el repostaje de los vehículos de motor en las estaciones de servicio.
- Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

5.2.1.5 Legislación instalaciones eléctricas

- Real decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores ante el riesgo eléctrico (BOE 148, de 21 de junio de 2001).
- Real decreto 223/2008, de 15 de febrero, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
- Real decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23

- Real decreto 187/2016, de 6 de mayo, por el que se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- Real decreto 186/2016, de 6 de mayo, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.
- Real decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10. (APQ-1. Cap. VII; APQ-5-5.3)

5.2.1.6 Legislación sobre Equipos de Protección Individual (EPI)

- Real decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el cual se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual. (BOE núm.311, de 28 de diciembre de 1992)
- Real decreto 773/1997, 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Reglamento (UE) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2016, relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo.
- Directiva 89/656/CEE fija las disposiciones mínimas de seguridad, y salud que garanticen una protección adecuada del trabajador en la utilización de los equipos de protección individual en el trabajo.
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Orden del 17 de mayo de 1974 por la cual se regula a la homologación de los medios de protección personal de los trabajadores. (BOE núm. 128, de 29 de mayo de 1974)

5.2.1.7 Legislación de Equipos a presión.

- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real decreto 473/1988, de 30 de marzo, por el cual se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 76/767/CEE sobre aparatos a presión. (BOE núm. 121, de 20 de mayo de 1988)
- Real Decreto 709/2015, de 24 de julio, por el que se establecen los requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de los equipos a presión.
- Real Decreto 108/2016, de 18 de marzo, por el que se establecen los requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de los recipientes a presión simples.

5.2.1.8 Legislación de Contaminantes químicos.

- Real decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

- Real decreto 1124/2000, de 16 de junio, por el que se modifica el Real decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. (BOE, de 17 de junio de 2000).
- Directiva 2000/39/CE de la Comisión, de 8 de junio de 2000, por la que se establece una primera lista de valores límite de exposición profesional indicativos en aplicación de la Directiva 98/24/CE del Consejo relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- Real decreto 349/2003, de 21 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, y por el que se amplía su ámbito de aplicación a los agentes mutágenos.

5.2.1.9 Legislación de Contaminantes físicos.

- Real decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Real decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre. (BOE, de 01 de marzo de 1989).

5.2.2 Normas y notas técnicas de prevención

5.1.2.1 Normas

- Reglamento de Aparatos a Presión (R.A.P.).
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.E.B.T.).
- Reglamento Electrotécnico de Alta Tensión (R.E.A.T.).
- Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas (R.A.M.I.N.P.).

5.1.2.2 Notas Técnicas de Prevención

- NTP 363: Prevención de fugas en instalaciones.
- NTP 339: Divulgación de planes de emergencia interior a los trabajadores de la industria química.
- NTP 726: Clasificación y etiquetado de productos químicos: sistema mundialmente armonizado.
- NTP 791: Planes de emergencia interior en la industria química.
- NTP 818: Norma Básica de Autoprotección.
- NTP 884: Evaluación de las condiciones de evacuación en centros de Trabajo.
- NTP 888: Señalización de emergencia en los centros de trabajo (Y).
- NTP 889: Señalización de emergencia en los centros de trabajo (II).

5.3 SUSTANCIAS QUÍMICAS

Para los productos químicos, la información sobre su peligrosidad y el riesgo derivado de su utilización es de vital importancia y viene recogida en sus etiquetados y en las fichas de seguridad de dichas sustancias.

Como se ha expuesto anteriormente en el **apartado 5.1.1.3 Legislación de almacenamiento y transporte** todo producto químico, que conlleve un riesgo asociado mayor o menor y tanto como si va destinado al público en general o a un uso más profesional, tiene que estar debidamente etiquetado. Del mismo modo, tanto los fabricantes, como los importadores o suministradores, están obligados a envasar y etiquetar adecuadamente los productos utilizados en el trabajo (3) (4).

5.3.1 Clasificación de las sustancias químicas

Desde la perspectiva de la prevención y la seguridad, el conocimiento de la peligrosidad de los productos químicos y de los efectos negativos potenciales que puedan producir, es fundamental para poder evaluar sus riesgos y tomar medidas encaminadas a reducirlos. Por otra parte, tan importante es la obtención de este conocimiento como la forma de transmitir esta información de una forma clara, fácilmente comprensible por los destinatarios y normalizada. Es por esto por lo que la clasificación llevada a cabo en nuestra industria de las diferentes sustancias químicas se realizara mediante una herramienta de alcance internacional que permite establecer un mayor control en la comunicación de los peligros asociados a los productos químicos: el Sistema Mundialmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (cuyas siglas en inglés se corresponden con GHS, 'Global harmonized system') (3). Este sistema permite un estudio del sistema de clasificación, mostrando su contenido, objetivos, alcance y sistema de comunicación de los peligros que comportan las diferentes sustancias.

Según el GHS, las sustancias químicas pueden clasificarse según sus propiedades fisicoquímicas, según su peligro que suponen para la salud y según el peligro que suponen para el medio ambiente. A continuación, se muestran dichas clasificaciones en las **Tabla 5.1, 5.2 y 5.3** junto con sus principales características a tener en cuenta.

Tabla 5.1. Clasificación de las sustancias según sus propiedades fisicoquímicas.

Propiedades fisicoquímicas	
Explosivos	Sustancias y preparados sólidos, líquidos, pastosos o gelatinosos que, incluso en ausencia de oxígeno atmosférico, puedan reaccionar de forma exotérmica con rápida formación de gases y que, en determinadas condiciones de ensayo, detonan, deflagran rápidamente o, bajo el efecto del calor, en caso de confinamiento parcial, explotan.

Comburentes	Las sustancias y preparados que, en contacto con otras sustancias, en especial con sustancias inflamables, produzcan una reacción fuertemente exotérmica.
Extremadamente inflamables	<p>Sustancias y preparados que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pueden calentarse e inflamarse en el aire a temperatura ambiente sin aporte de energía. - Sólidos que puedan inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de inflamación y que sigan quemándose o consumiéndose una vez retirada dicha fuente. - Los líquidos cuyo punto de ignición sea muy bajo. - En contacto con agua o con aire húmedo, desprendan gases. - extremadamente inflamables en (5)cantidades peligrosas.
Inflamables	Las sustancias y preparados líquidos cuyo punto de ignición sea bajo.

Tabla 5.2. Clasificación de las sustancias según los efectos sobre la salud.

Efectos sobre la salud	
MUY TÓXICOS	Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en muy pequeña cantidad puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte
TÓXICOS	Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.
NOCTIVOS	Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.
CORROSIVOS	Las sustancias y preparados que, en contacto con tejidos vivos puedan ejercer una acción destructiva de los mismos.
IRRITANTES	Las sustancias y preparados no corrosivos que, en contacto breve, prolongado o

	repetido con la piel o las mucosas puedan provocar una reacción inflamatoria.
SENSIBILIZANTES	Las sustancias y preparados que, por inhalación o penetración cutánea, puedan ocasionar una reacción de hipersensibilidad, de forma que una exposición posterior a esa sustancia o preparado dé lugar a efectos negativos característicos.
CARCINOGÉNICOS (*)	Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia.
MUTAGÉNICOS (*)	Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir alteraciones genéticas hereditarias o aumentar su frecuencia.
TÓXICOS PARA LA REPRODUCCIÓN (*)	Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir efectos negativos no hereditarios en la descendencia, o aumentar la frecuencia de éstos, o afectar de forma negativa a la función o a la capacidad reproductora.

(*) Se diferencian en categorías 1, 2 o 3, en función de la peligrosidad.

Tabla 5.3. Clasificación de las sustancias según los efectos sobre el medio ambiente.

Efectos sobre el medio ambiente	
Peligrosos para el medio ambiente	Las sustancias o preparados que presenten o puedan presentar un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del medio ambiente.

Todo producto químico, sustancia o preparado, clasificado como peligroso debe incluir en su envase una etiqueta bien visible que es la primera información básica que recibe el usuario sobre los peligros inherentes al mismo y sobre las precauciones a tomar en su manipulación.

Aunque lo relativo al envasado y el etiquetado de las sustancias químicas peligrosas será tratado en el siguiente apartado, se presentan a continuación los pictogramas de cada una de las clasificaciones comentadas anteriormente en las tablas.

Cabe mencionar que, a partir de diciembre del 2010, los pictogramas antiguos de forma cuadrada y color naranja fueron sustituidos por los de forma romboidal rojo con fondo blanco,

pudiendo estar en el mercado hasta junio de 2017. Aunque no debería quedar presencia alguna de los pictogramas antiguos, se muestran a continuación el cambio de éstos a los que actualmente están en vigor.



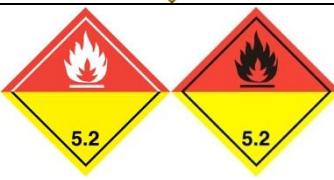
Figura 5.1. Cambio de los pictogramas antiguos a los vigentes.

Tabla 5.4. Pictogramas de los productos químicos.

Según propiedades fisicoquímicas	
Explosivo	
Comburente	
Inflamable	
Gas comprimido	
Peligrosos para la salud	

Tóxicos	
Nocivos	
Corrosivos	
Carcinogénicos	
Peligrosos para el medio ambiente	
Peligrosos para el medio ambiente	

Tabla 5.5. Pictogramas establecidos por la GHS para el transporte de mercancías peligrosas.

Pictogramas establecidos en cuanto al transporte de mercancías peligrosas	
Gas comprimido	
Gas inflamable	
Gas no inflamable, no tóxico	
Líquido inflamable	
Materias espontáneamente inflamables	
Materias sólidas inflamables autorreactivas y explosivas desensibilizadas sólidas	
Materias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables	
Materias comburentes	
Peróxidos orgánicos	

5.3.2 Envasado y etiquetado de las sustancias químicas

Como ya se ha comentado anteriormente, todo producto químico, sustancia o preparado, clasificado como peligroso debe incluir en su envase una etiqueta bien visible que es la primera información básica que recibe el usuario sobre los peligros inherentes al mismo y sobre las precauciones a tomar en su manipulación.

Con el fin de ser comercializados, los envases que contienen sustancias químicas deben cumplir una serie de condiciones para evitar y reducir posibles riesgos y peligros, así como controlar y conocer el tipo de sustancia que contiene.

Los envases que contengan sustancias químicas deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Estar diseñados y fabricados de tal modo que no sean posibles pérdidas de contenido.
- Los materiales con los que estén fabricados y sus cierres no deberán ser atacables por el contenido, ni formar combinaciones peligrosas con el cierre.
- Los envases y cierres deberán ser fuertes y sólidos.
- Los recipientes con un sistema de cierre reutilizable habrán de estar diseñados de forma que pueda cerrarse el envase varias veces sin pérdida de su contenido.
- Las sustancias muy tóxicas, tóxicas o corrosivas que puedan llegar al público en general, 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.

En cuanto al etiquetado de los envases que contienen sustancias químicas, todo producto químico, sustancia o preparado, clasificado como peligroso debe incluir en su envase una etiqueta bien visible que es la primera información básica que recibe el usuario sobre los peligros inherentes al mismo y sobre las precauciones a tomar en su manipulación. Esta etiqueta, redactada en el idioma oficial del Estado, contendrá:

- **Nombre de la sustancia.** Se utilizará la nomenclatura utilizada en el EINECS (Inventario europeo de sustancias comercializadas existentes) o en el ELINCS (Inventario europeo de sustancias notificadas). Si no aparece en ellos se empleará la nomenclatura química reconocida internacionalmente, como ISO o IUPAC.
- **Nombre, dirección y teléfono del fabricante o importador.** Responsable de la comercialización de la sustancia química en la Unión Europea (UE).
- **Símbolos e indicaciones de peligro normalizadas.** Presentación de los principales peligros de la sustancia mediante la utilización de los pictogramas.
- **Frases R.** Permiten identificar y complementar determinados riesgos mediante su descripción.
- **Frases S.** Son consejos que, a través de la prudencia, establecen medidas preventivas para la manipulación y utilización.
- **Número de registro CE.**

Para los casos en los que el envase del producto proceda de algún otro país de la unión europea, las **Frases R** y las **Frases S** podemos encontrarlas con las siglas H ('Hazard') y P ('Precaution'), respectivamente. Cabe destacar que se procedería a volver a etiquetar el envase en el idioma oficial del Estado como se ha descrito anteriormente.

A continuación, se detallan las diferentes **Frases R** que encontraremos en los diferentes productos de la industria, las cuales indican un riesgo o peligro complementario al pictograma que acompaña el envase:

- R5. Peligro de explosión en caso de calentamiento.
- R6. Peligro de explosión, en contacto o sin contado con el aire.
- R11. Fácilmente inflamable.
- R12. Extremadamente inflamable.
- R20. Nocivo por inhalación.
- R22. Nocivo por ingestión.
- R23. Tóxico por inhalación.
- R28. Muy tóxico por ingestión.
- R34. Provoca quemaduras.
- R35. Provoca quemaduras graves.
- R45. Puede causar cáncer.

Del mismo modo, se detallan las **Frases S** que se presentarían en la etiqueta del envase, indicando un riesgo o peligro complementario a los que ya indican los pictogramas:

- S2. Manténgase fuera del alcance de los niños.
- S9. Consérvese el recipiente en lugar bien ventilado.
- S16. Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas. No fumar.
- S24. Evítese el contacto con la piel.
- S26. En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acudir a un médico.
- S33. Evítese la acumulación de cargas electrostáticas.
- S45. En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrese la etiqueta).
- S53. Evítese la exposición recábense instrucciones especiales antes del uso.
- S60. Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos.
- S61. Evítese su liberación el medio ambiente. Recábense instrucciones específicas/las fichas de datos de seguridad.

También se pueden presentar combinaciones de varias **Frases R**, así como de **Frases S**.

A continuación, se presentan las diferentes combinaciones que se pueden encontrar en las etiquetas de los diferentes productos:

Combinaciones de **Frases R**:

- R36/37/38. Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.
- R48/24/25. Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión.
- R50/53. Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

- R52/53. Nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

Combinaciones de **Frases S**:

- S1/2. Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños.
- S36/37/39. Úsense indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara.

Cabe destacar que nunca se podrán utilizar términos tales como: "no tóxico", "no nocivo", "no contaminante", "ecológico" o cualquier otra indicación que pueda llevar a infravalorar los riesgos del producto.

Toda esta información expuesta anteriormente sobre la información del producto químico deberá destacar sobre el fondo de la etiqueta y será de un tamaño suficiente e irá espaciada de forma tal que pueda leerse fácilmente. Las dimensiones de la etiqueta estarán relacionadas con la capacidad del envase, ocupando cada símbolo como mínimo 1/10 del tamaño de la etiqueta y nunca siendo inferior a 1 cm². En cuanto a las botellas portátiles de gas habrá que tener en cuenta también el etiquetado correspondiente al transporte.

5.3.3 Fichas de seguridad de las sustancias químicas

Las **Fichas de Seguridad de las Sustancias Químicas** o **FDS** (3)('Fichas de Datos de Seguridad') es una importante fuente de información complementaria de la contenida en la etiqueta y constituye una herramienta de trabajo imprescindible en el campo de la prevención de riesgos laborales y de la protección al medio ambiente ya que suministra información para tomar las medidas necesarias para la protección de la salud y de la seguridad en el lugar de trabajo.

El responsable de la comercialización debe suministrarla gratuita y obligatoriamente a los usuarios profesionales, nunca más tarde de la primera entrega del producto, proporcionando información sobre las propiedades de la sustancia y los peligros para la salud y el medio ambiente, así como sobre los riesgos derivados de sus propiedades físicas y químicas, controles de exposición, manipulación, almacenamiento y eliminación. Estas fichas también informan sobre las medidas de lucha contra incendios, los medios de protección, precauciones a tomar en caso de vertido accidental y primeros auxilios. Deberán redactarse, al menos, en la lengua oficial del Estado.

La información que debe incluir una FDS es:

1. Identificación de la sustancia o preparado y de la sociedad o empresa.
2. Composición/información sobre los componentes.
3. Identificación de los peligros.
4. Primeros auxilios.
5. Medidas de lucha contra incendios.
6. Medidas que deban tomarse en caso de vertido accidental.
7. Manipulación y almacenamiento.
8. Control de exposición/protección individual.
9. Propiedades físicas y químicas.
10. Estabilidad y reactividad.

11. Informaciones toxicológicas.
12. Informaciones ecológicas.
13. Consideraciones relativas a la eliminación.
14. Informaciones relativas al transporte.
15. Informaciones reglamentarias.
16. Otras informaciones (usos recomendados y restricciones, referencias escritas, fuentes de los principales datos y fecha de emisión.)

En el **apartado 5.17.1 Hojas de seguridad** se detallan las fichas técnicas de seguridad de todas las sustancias químicas que intervienen en el proceso de producción de cloruro de vinilo.

5.4 ALMACENAJE DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

El correcto almacenamiento de los productos químicos es fundamental para la prevención de posibles riesgos que puedan producirse la industria. El plan de almacenamiento de las sustancias químicas se ha establecido siguiendo las directrices marcadas en el *Real Decreto 656/2017*, de 23 de junio, por el que se aprueba el *Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10*.

5.4.1 Normativa de almacenaje

La normativa de almacenaje vigente según el *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo* (INSHT): *Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias*, en concreto el *MIE APQ-1 “Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles en recipientes fijos*. (6”)

5.4.2 Compatibilidad de sustancias en el almacenaje

El almacenamiento de varias sustancias químicas juntas puede comportar riesgos al existir la posibilidad de que reaccionen entre sí. Es por esto por lo que es de vital importancia realizar un estudio de incompatibilidad entre sustancias, el cual se recoge en el *Real Decreto de almacenamiento de productos químicos y las instrucciones técnicas complementarias* ya mencionado anteriormente.

A continuación, se presenta la tabla de compatibilidad entre sustancias almacenadas en la **Figura 5.2**.

CUADRO RESUMEN DE INCOMPATIBILIDADES DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS						
	+	-	-	-	+	
	-	+	-	-	-	
	-	-	+	-	+	
	-	-	-	+	○	
	+	-	+	○	+	
+ Se pueden almacenar conjuntamente. ○ Solamente podrán almacenarse juntos, si se adoptan ciertas medidas preventivas. - No deben de almacenarse juntos.						

Figura 5.2. Tabla de incompatibilidades de almacenamiento de los productos químicos peligrosos

Por lo tanto, y como se puede observar de la **Figura 5.2** ninguna de nuestras sustancias en la industria será almacenadas conjunto con otra.

5.4.3 Tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento tanto de producto (cloruro de vinilo) como de subproducto (1,2 dicloroetano) están dotados de unos cubetos de retención a distancia, con el fin de poder evitar posibles derrames en caso de fuga.

Otra medida de seguridad de la que se componen los tanques de almacenamiento, así como todos los otros equipos, es de una válvula de seguridad para evitar posibles explosiones debido al aumento de la presión o de la temperatura, ya que en muchos casos está relacionado. Del mismo modo, y si la válvula de seguridad no fuese suficiente, se dispone de un disco de ruptura para garantizar el alivio de la presión de una forma controlada.

Los tanques de almacenamiento del cloruro de vinilo estarán dotados de un sistema de refrigeración para evitar que el producto se caliente y evitar posibles explosiones de tipo BLEVE en periodos del año en los que la temperatura ambiente es superior a la almacenada.

Todo lo relativo en cuanto al diseño tanto de los tanques de almacenamiento como del sistema de refrigeración está recogido en el

5.4.4 Unidades de carga, descarga y transporte

Se considerarán instalación de carga y descarga todas aquellas zonas donde se realizan las operaciones de:

- Trasiego entre equipos de transporte y almacenamientos.
- Trasiego entre equipos de transporte e instalaciones de proceso.
- Trasiego entre almacenamientos o equipos de proceso a equipos de transporte.

Debido a que ambos reactivos son provistos por tuberías, se contabilizara la zona de descarga como zona de descarga del catalizador, el cual es sólido y no es un producto inflamable ni comburente integrado en el MIE APQ-1 (6) (7). Por lo tanto, solo se considerará la carga de productos inflamables y comburentes.

En cuanto al trasiego del cloruro de vinilo desde los tanques de almacenamiento a los vehículos, se realizarán según la reglamentación expuesta anteriormente, donde destaca:

- El trasiego se realizará en terreno llano y bien iluminado.
- La carga de camiones cisterna deberá realizarse con el motor del camión parado y, además, estarán frenados por calzos, cuñas o sistemas similares.
- Los camiones cisterna se dispondrán en el cargadero de forma que puedan efectuar su salida sin necesidad de maniobra. Los accesos serán amplios y bien señalizados.
- Los medios de transporte estacionados a la espera deberán situarse de modo que no obstaculicen la salida de los que estén cargando, ni la circulación de los medios para la lucha contra incendios.
- La estructura del puesto de carga, las tuberías y el tubo buzo, si la carga se hace por arriba, deberán estar interconectadas eléctricamente entre sí y a una puesta a tierra mediante un conductor permanente.
- Las tuberías desmontables deben protegerse contra los riesgos de corrosión.

En lo referente a los vehículos destinados al transporte de sustancias químicas peligrosas cabe destacar que ha de cumplir todas las normativas expuestas en *NTP 356 y 357: Condiciones de seguridad en la carga y descarga de camiones cisterna: líquidos inflamables*.

Además, dichos vehículos tienen que llevar unos paneles, de fondo naranja y reflectantes con bordes negros, con el fin de recoger información para identificar el material que transporta y el peligro que presenta. La numeración correspondiente a la información que se transporta y la normativa se conoce como código ADR (7) (del inglés *“European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road”*). Según la normativa, las placas deben ser de 30x40 cm y deben llevar incorporadas dos numeraciones, las cuales tienen que medir 10 cm de alto.

La primera numeración puede estar compuesta por dos o tres cifras:

- La primera cifra indica el peligro principal de la sustancia y viene reflejado por los siguientes números:
 - Número 2: Gas.
 - Número 3: Líquido inflamable o gases y vapores combustibles.
 - Número 4: Sólido.
 - Número 5: Materia comburente o peróxido orgánico.

- Número 6: Materia tóxica.
- Número 7: Radioactividad.
- Número 8: Corrosivo.
- Número 9: Peligro por reacción espontánea.
- La segunda y/o tercera cifra indica peligros subsidiarios y viene reflejado por los siguientes números:
 - Número 0: Sin significado.
 - Número 1: Explosivo.
 - Número 2: Emanación de gases.
 - Número 3: Inflamabilidad de líquidos y gases.
 - Número 4: Inflamabilidad de sólidos.
 - Número 5: Propiedades comburentes.
 - Número 6: Toxicidad.
 - Número 7: Radiactividad.
 - Número 8: corrosividad.
 - Número 9: peligro de reacción violenta resultante de la descomposición espontánea o de polimerización.

La segunda numeración está formada por cuatro cifras y es una identificación del producto. Dicha numeración se conoce como la identificación ONU.

La **Figura 5.3** que se muestra a continuación correspondería al panel identificativo del cloruro de vinilo acorde con la normativa ADR.

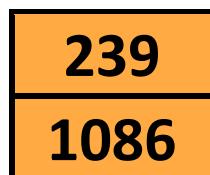


Figura 5.3. Panel de transporte del cloruro de vinilo.

5.5 PRINCIPALES RIESGOS DE LA INDUSTRIA

Cualquier actividad humana implica un cierto riesgo. Se entiende como riesgo la posibilidad de que una situación física que pueda causar un daño produzca un contratiempo o accidente, provocando perjuicio o daños a algo o a alguien.

Para cada uno de los diferentes tipos de industria existe algún tipo de riesgo asociado. Teniendo en cuenta las características de los productos que se procesan en las plantas, estas se han diseñado para que las instalaciones no conlleven peligro alguno. Sin embargo, el hecho de un riesgo de accidente nulo es inalcanzable, ya que la gran mayoría de accidentes ocurren de forma inesperada. Por otra parte, el deterioro o desgaste del propio proceso o de alguna de sus partes son causas que pueden propiciar accidentes, situación que requiere una respuesta inmediata por parte del personal que trabaja, el cual debe ejercer sus labores con conocimiento de las características de los productos con los que pueden estar en contacto, así como las medidas preventivas de seguridad aplicables.

5.5.1 Clasificación de los riesgos

En la industria química existen riesgos natos asociados al tipo de proceso que se lleva a cabo en la planta. Estos riesgos son denominados como Riesgos químicos y son los susceptibles de ser ocasionados por las instalaciones que almacenan, fabrican o manipulan grandes cantidades de sustancias peligrosas. Estos riesgos pueden producir accidentes graves, los efectos de los cuales sobrepasan los límites de las instalaciones, pudiendo llegar a afectar a la población del entorno o a el medio ambiente.

Primero que todo, cabe distinguir entre peligro y riesgo. El primero constituiría la situación física que puede causar un daño, mientras que el segundo es la probabilidad de que este peligro devenga un accidente con unas consecuencias determinadas.

Un tratamiento riguroso del riesgo requiere una definición más precisa que permita su cuantificación. Por lo tanto, muchos profesionales cuantifican el riesgo como el producto de la frecuencia prevista por un determinado suceso y la magnitud de sus consecuencias probables:

$$\text{Riesgo} = \text{Frecuencia} \cdot \text{Magnitud de las consecuencias}$$

Por lo tanto, si un accidente tiene una frecuencia estimada de una vez cada 50 años y las consecuencias que comporta se estiman en medio millón de defunciones, el riesgo es de 10 defunciones por año.

No obstante, esta forma de definir el riesgo presenta importantes dificultades e inconvenientes. Por una parte, la magnitud de las consecuencias no se mide únicamente en defunciones o en dinero, ya que heridos o secuelas a largo plazo en la población difíciles de determinar también son consecuencias de los riesgos, pasando por las posibles contaminaciones que comporten. Por otra parte, la cuantificación de la frecuencia con la que ocurre un riesgo es de difícil cálculo. No obstante, existen metodologías que permiten estudiar este parámetro de una forma más exacta.

Llegados a este punto, es importante destacar la diferencia entre un peligro de un riesgo. La primera podría definirse como aquel que puede producir un accidente o daño, mientras que el riesgo está asociado a la probabilidad de que un peligro se materialice realmente en un accidente.

Los riesgos, desde un punto de vista general, podemos clasificarlos en tres categorías:

- **Riesgos de categoría A:** inevitables y aceptados.
- **Riesgos de categoría B:** evitables, pero que deben considerarse inevitables para una integración completa en la sociedad moderna.
- **Riesgos de categoría C:** evitables, voluntarios i con compensación.

Desde de un punto de vista más concreto en la actividad industrial, los riesgos pueden clasificarse en tres categorías:

- **Riesgos convencionales:** relacionados con la actividad i el equipo existente en cualquier sector.
- **Riesgos específicos:** relacionados con la utilización o manipulación de productos que, cuya naturaleza, puede provocar daños.

- **Riesgos mayores:** relacionados con accidentes y situaciones excepcionales. Sus consecuencias pueden presentar una gravedad especial.

De los tres tipos expuestos anteriormente, los dos primeros corresponden al tratamiento clásico de la seguridad e higiene en el trabajo y por su forma de actuar son, en general, relativamente fáciles de prevenir.

Con el objetivo de evitar accidentes graves, o disminuir el efecto de tales, se realizará un reconocimiento de los riesgos que pueden presentarse en la industria, junto con la fuente de estos y posibles medidas preventivas y de protección.

5.5.2 Riesgo de explosión

Todo lo relativo a los riesgos de explosión viene recogido en el *Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo* (5).

Como ya veremos más adelante, las explosiones y los incendios están estrechamente relacionados, ya que las sustancias inflamables en forma de gases al mezclarse con el aire, en las condiciones atmosféricas, y tras una ignición, generaría una combustión que se propagaría a la totalidad de la mezcla no quemada. Una explosión se puede definir como una liberación repentina de energía, que genera una onda de presión que se desplaza alejándose de la fuente mientras va disipando energía.

Encontramos dos tipos de explosiones:

Explosiones físicas

Se trata de explosiones donde un gas almacenado es calentado accidentalmente o sobrecalentado, aumentando la presión y produciendo la rotura del recipiente o del tanque.

La mayor parte de las explosiones físicas involucran a un contenedor tal como calderas, cilindros de gas, compresores, tanques de almacenamiento etc. En el contenedor se genera alta presión por compresión mecánica de gas, calentamiento del contenido o introducción de otro gas a elevada presión desde otro contenedor. Ninguno de estos fenómenos significa un cambio en la sustancia química.

Cuando la presión alcanza el límite de resistencia de la parte más débil del contenedor se produce el fallo. Las consecuencias que se producen dependen del tipo de fallo. Si fallan pequeños elementos, pero el contenedor permanece prácticamente intacto, la metralla proyectada resulta peligrosa como balas, pero la descarga de gas es direccional y controlada. En estas condiciones los daños causados se limitan a penetración de metrallas, quemaduras y otros efectos dañinos por gases calientes. Cuando el fallo ocurre en las paredes del contenedor se producen proyecciones de metrallas de mayor tamaño provocando un violento empuje de la estructura del contenedor en la dirección opuesta a la descarga del gas. En este caso la liberación del gas es extremadamente rápida y genera una violenta onda de choque.

En el caso de que el contenedor almacene un líquido sobrecalentado (líquido a temperatura superior a su punto de ebullición) cuando el contenedor se rompa se producirá una repentina evaporación del líquido. Este fenómeno es conocido como **BLEVE** o explosión de vapor en expansión de un líquido en ebullición, del inglés *Boiling Liquid Expanding Vapor*

Explosion. La característica fundamental de una BLEVE es la expansión explosiva de toda la masa de líquido evaporada súbitamente, aumentando su volumen más de 200 veces. La gran energía desarrollada en esa explosión repentina proyecta fragmentos rotos de distintos tamaños del recipiente a considerables distancias.

Explosiones químicas

Las explosiones resultan de las descomposiciones de sustancias puras, detonación, combustión, hidratación, corrosión y distintas interacciones de una o más sustancias químicas. Cualquier reacción química puede provocar una explosión si se emiten productos gaseosos, si se evaporan sustancias ajenas por el calor liberado en la reacción o si se eleva la temperatura de gases presente, por la energía liberada.

La reacción química más conocida que produce gases a alta presión por medio de otros gases o vapores es la combustión de gases en el aire. Es por esto mismo que están tan estrechamente relacionadas con los incendios. Para que esto suceda, la concentración de gases combustibles tiene que estar entre el límite inferior de explosividad (LIE) y el límite superior de explosividad (LSE), ya que si se encuentra por debajo no habrá riesgo de explosión y si lo hace por arriba, la mezcla estará demasiado saturada y no habrá suficiente concentración de comburente. Ambos límites vienen relacionados con la temperatura y la presión de la mezcla. Un aumento de la temperatura comporta un LIE más bajo y una disminución de la temperatura un LSE más alto, mientras que un aumento de presión provocara un aumento de ambos límites.

Las reacciones químicas, a su vez, pueden clasificarse en **uniformes** que son transformaciones químicas que involucran toda la masa reactiva y reacciones de **propagación**, en la que existe un frente de reacción, claramente definido que separa el material sin reacción de los productos de la reacción, avanzando a través de toda la masa reactiva.

Las **reacciones uniformes** se tratan de reacciones donde la velocidad sólo depende de la temperatura y la concentración de los agentes de la reacción manteniéndose constante en toda la masa reactiva. A medida que aumenta la temperatura de la masa la reacción se acelera alcanzando el punto de calentamiento en el que el calor generado supera al disipado por al ambiente por la masa. Puesto que se genera calor en toda la masa reactiva, pero disipa más lentamente desde el centro que desde la superficie exterior el centro se calienta más y aumenta su velocidad de reacción.

Las **reacciones de propagación** se tratan de reacciones donde la reacción comienza en dicha fuente y se propaga por la mezcla. Pueden diferenciarse tres zonas distintas la zona de reacción, la zona de producto (detrás de la llama) y la zona sin reacción (frente a la llama). Una reacción de propagación siempre es exotérmica. La reacción se inicia con una zona relativamente pequeña de alta temperatura, generada por un encendedor externo o por acumulación de calor en el núcleo de un sistema de reacción uniforme. Para que la reacción se propague, el núcleo debe elevar suficientemente la temperatura del material circundante de forma que entre en reacción. Cuanto más elevada sea la temperatura inicial del sistema, más fácilmente se inflama y más probable resulta la reacción de propagación, puesto que se requiere menos transmisión de energía para que entre en reacción el material circundante. Puesto que una reacción de propagación se inicia en un punto específico y se propaga a través de la masa reactiva, la velocidad de disipación depende de la propagación del frente de reacción. Las

velocidades de propagación varían desde cero a varias veces la velocidad del sonido, dependiendo de la composición, temperatura, presión, grado de confinamiento y otros factores.

5.5.2.1 Medidas de seguridad y prevención en caso de explosión

- Un diseño y construcción adecuadas, integrando la selección del material empleado, la naturaleza del fluido y las condiciones de operación (presión, volumen, temperatura)
- Una instalación completa de todos los accesorios e instrumentos, que serán sometidos a un control, incluyendo la inspección de prueba y puesta en marcha.
- Inspección periódica del conjunto, para verificar el correcto funcionamiento de los equipos e instrumentos.
- Existencia de dispositivos de medición, mando y control que sean fácilmente identificables y debidamente conservados y mantenidos, permitiendo la regulación automática del sistema en caso de disfunción.
- Aislamiento térmico para evitar que aumente la temperatura y con ello la presión en el interior del equipo.
- Aislamiento del aparato o recipiente a presión de las zonas de paso o permanencia del personal.
- Instalación, en los equipos de presión, de dispositivos de seguridad, tales como discos de rotura o válvulas de seguridad, asegurando la evacuación controlada del fluido liberado.
- Instalación de válvulas de emergencia que actúan contra sobrepresiones, controlando el alivio de la presión y por tanto reduciendo las consecuencias de la explosión.
- Detección y evacuación precoz de las fugas y derrames de materiales potencialmente explosivos.
- Evitar el calentamiento de sustancias peligrosas mediante su alejamiento de las fuentes de calor.
- Exhaustivo control de las fuentes de ignición evitando la existencia de focos de ignición, tanto por fricción mecánica, como por electricidad estática, entre otras.
- Diseño de equipos de estructura resistente para soportar las presiones máximas previsibles en caso de explosión.
- Instalación de detectores de presión que identifican la existencia de una posible explosión.
- Instalación de supresores de la explosión, que relacionados con los anteriores pueden eliminar la propagación de la explosión inyectando agentes extintores en un punto del sistema.
- Instalación de equipos contraincendios, que frenarán la propagación del incendio subsiguiente a la explosión.
- Existencia de salidas suficientes para evacuación del personal, cumpliendo las condiciones necesarias: buena y fácil accesibilidad, apertura hacia fuera, accionamiento simple y rápido, medio de cierre no bloqueado, anchura suficiente según la ocupación y existencia al menos de dos alternativas de salida.

5.5.3 Riesgo de incendio

Podemos entender como incendio el efecto resultante de un fuego incontrolado a cualquier punto de la planta, resultando de una reacción de oxidación exotérmica entre una sustancia combustible y el oxígeno, el cual actúa de comburente. Como se verá más adelante en el **apartado 5.13.3 Triangulo del fuego**, para que pueda tener lugar un fuego, se tienen que cumplir unas condiciones, tetraedro del fuego. Estas condiciones son:

- Combustible
- Comburente
- Energía de activación
- Reacción en cadena

Un aspecto importante a conocer con el fin de poder minimizar el riesgo de incendio (5) es conocer los valores de los límites de inflamabilidad de cada sustancia, de forma que la reacción de un combustible con un comburente solo tendrá lugar si se encuentra dentro de este intervalo de concentración. El límite inferior de inflamabilidad (LII) y el límite superior de inflamabilidad (LSI), equivalente al límite inferior de explosividad (LIE) y el límite superior de explosividad (LSE) expuesto en el apartado anterior, dependerán de la temperatura y la presión. Para combatir el fuego, por lo tanto, se tendrá que eliminar o disminuir uno de los cuatro elementos expuestos anteriormente.

Las principales causas por las que un incendio tiene lugar en una industria química es la presencia de un oxidante, el aire, ya que tiene alrededor de un 21% en contenido de Oxígeno. Debido a esto y con la finalidad de disminuir el riesgo de incendios en la planta química, en muchos parques de tanques se trabaja con una atmósfera inerte.

5.5.3.1 Medidas de seguridad y prevención en caso de incendio

- Disposición de la cantidad necesaria de materiales inflamables y combustibles para el día de trabajo. Lo demás estará en almacenes o locales independientes aislados y ventilados.
- Separación de las zonas con mayor riesgo de incendio de focos de calor, permitiendo que se genere un incendio.
- Establecer distancias de seguridad para evitar que las sustancias más peligrosas estén cerca unas de las otras.
- Correcto aislamiento de los distintos equipos para evitar que la temperatura en su interior aumente rápidamente durante una exposición prolongada al fuego.
- Prohibido fumar en todo el recinto.
- Señalar y dejar libres las salidas de emergencia.
- Instalación eléctrica antideflagrante en zonas donde haya riesgo de atmósferas inflamables.
- Revisar y mantener las instalaciones eléctricas aisladas y protegidas.
- Evitar las proyecciones y las polvorizaciones. Llenar los recipientes por el fondo.
- Instalar sistemas de detección, tanto automáticos como manuales, y alarmas que detecten la presencia de humo, fuego y/o elevadas temperaturas.

- Asegurar una perfecta conexión equipotencial entre los recipientes y las partes metálicas del equipo de bombeo, estando el conjunto conectado a tierra, evitando incendios en trasvases de líquidos inflamables por la electricidad estática.
- No utilizar vestimenta de trabajo de fibras acrílicas. Utilizar ropa de algodón y calzado conductor.
- Poner extintores de incendio adecuados al tipo de fuego. Tener un mantenimiento adecuado de los equipos contraincendios y una periódica revisión de estos, así como llevar a cabo simulacros de evacuación periódicos.
- Existencia de salidas suficientes para evacuación del personal, cumpliendo las condiciones necesarias: buena y fácil accesibilidad, apertura hacia fuera, accionamiento simple y rápido, medio de cierre no bloqueado, anchura suficiente según la ocupación y existencia al menos de dos alternativas de salida.

5.5.4 RIESGO DE FUGA

Uno de los accidentes más comunes en las instalaciones industriales son los escapes o derramamientos, también llamado fugas.

Podemos definir una fuga como el escape de una sustancia gas o líquida fuera del recipiente que lo contiene. Cabe destacar la posibilidad de fugas tanto en los tanques de almacenamiento como en las líneas del proceso. Por lo tanto, las medidas a tomar para evitar accidentes de fuga tienen que ser rigurosas (8).

Los derrames y fugas pueden producirse principalmente por:

- Inadecuado uso de los recipientes, o mal estado de estos, dando lugar a la liberación descontrolada de productos químicos. Este es uno de los factores más comunes en derrames y fugas. Recipientes envejecidos, deformados, oxidados o inadecuados al producto son ejemplos.
- Manipulación incorrecta. Manejo incorrecto de las válvulas y trasvases o reacciones descontroladas entre sustancias incompatibles son algunos ejemplos de manipulación incorrecta.
- Instalaciones deficientes. Instalaciones no revisadas, equipos y elementos de control inadecuados o inexistentes, así como no disponer de cubetos o redes de drenajes hacia un lugar seguro, pasando por falta de señalización son ejemplos de instalaciones deficientes.

Las fugas son el detonante para posteriores riesgos, como el riesgo de incendio o de explosión, aparte de poder acarrear efectos negativos sobre la salud y el medio ambiente. Es por esto mismo que hay que prevenir el riesgo de fuga, ya que es el detonante para una secuencia de posteriores riesgos, pudiendo creando un efecto domino incontrolable sino se actúa con precisión y con antelación.

El grado de afectación de las fugas dependerá de varios factores. Por una parte, dependerá de las características toxicológicas de la sustancia, es decir, la capacidad de dañar a los seres vivos. Por otra parte, dependerá de la concentración de la sustancia fugada y, por

último, del tiempo de exposición de dicha sustancia al personal o al medio ambiente, destacando el posible detonante para posteriores riesgos.

Cabe destacar la extremada peligrosidad de los escapes de gases licuados debido a la gran cantidad de sustancia que se fugara en un breve intervalo de tiempo. Por otra parte, los escapes de líquidos corrosivos pueden provocar proyecciones que pueden incidir en las personas situadas en los alrededores. También hay que destacar la generación de atmosferas peligrosas debido a escapes de materiales inflamables, los cuales son capaces de provocar incendios siempre y cuando entren en contacto con un foco de ignición y estén dentro del intervalo de los límites de inflamabilidad. Finalmente, y no por ello menos importante, las fugas de sustancias tóxicas volátiles se difundirán en el medio ambiente, pudiendo afectar a seres vivos no necesariamente próximos a la instalación, así como fugas en fase líquida que podrán contaminar la red general de desagüe de aguas.

5.5.4.1 Medidas de seguridad y prevención en caso de fuga

- Cumplimiento de la reglamentación vigente en lo referente a identificación, almacenamiento y transporte de productos químicos.
- Realización de auditorías internas periódicas sobre los factores de riesgo que pueden acarrear una fuga o escape.
- Correcto diseño de las tuberías y las condiciones físicas en las que se encuentran, intentando minimizar los puntos de conexión. También dividir correctamente las líneas de tuberías para facilitar los diversos trabajos a realizar sobre ellas.
- Instalación de sistemas de detección de escapes y su posterior venteo hacia depósitos o hacia “scrubbers”, para evitar que las correspondientes fugas se emitan a la atmósfera.
- Formación de los trabajadores de la industria, así como la información de estos en materia preventiva. Esto debe incluirse en los programas formativos en prevención de las empresas.
- Elaboración de un plan de emergencia el caso de que la prevención pueda fallar, el objetivo del cual es la minimización de las consecuencias de una emergencia mediante los recursos técnicos y humanos disponibles.
- Correcto aislamiento por distancia entre los puntos posibles de emisiones y las personas, dependiendo de la industria, incluso mantenerse alejada de poblaciones o ámbitos urbanos. En el ámbito laboral, y debido a la imposibilidad de aislamiento por distancia, disponer de recintos de seguridad en los que el personal pueda refugiarse.
- Limitar la cantidad de sustancias peligrosas almacenadas en los lugares de trabajo a lo estrictamente necesario.
- Correcto diseño de los recipientes o los tanques, los cuales deben ser capaces de soportar la presión máxima alcanzable en las condiciones de funcionamiento. La presión de diseño será de un 10% superior a la presión máxima. De forma complementaria, la instalación tendría que componerse también de elementos de seguridad correspondientes a presiones excesivas.
- Considerar la posibilidad de sustituir sustancias peligrosas por otras menos nocivas si los resultados del proceso en cuestión son similares.
- Transportar los envases de vidrio en contenedores de protección.

- Dimensionar correctamente la refrigeración y dotarla en todo momento de medios necesarios para garantizar en todo momento su funcionalidad debido al alto factor de riesgo al que contribuye la temperatura.
- Intentar siempre que sea posible trabajar el proceso de forma continua, ya que los procesos en discontinuo ofrecen mayor riesgo debido a la mayor incidencia del error humano.
- Revisiones periódicas de la integridad física de la planta para garantizar la seguridad de ésta, así como la revisión de la seguridad del proceso.
- Utilización de agua pulverizada para intentar evitar la propagación de la fuga debido a su característica de diluyente universal, solubilizando gases/vapores o líquidos que lo permitan. En sustancias tales como hidrocarburos insolubles, el agua pulverizada contribuiría a la propagación de éste. Cabe considerar el problema derivado de la recuperación del agua aplicada para contener la fuga, así como el posterior tratamiento del agua contaminada.

5.5.5 Riesgo a la exposición a productos químicos

La exposición continua o de larga duración y de manera no controlada a productos químicos puede provocar enfermedades crónicas. Por otro lado, una exposición corta a ciertos productos puede tener consecuencias leves o severas, dependiendo ésta de las características toxicológicas de la sustancia. No obstante, existen sustancias que, las características de éstas hacen que sea imposible una exposición segura incluso a corto plazo. Es por esto que se ha de actuar al mínimo indicio de riesgo.

La exposición a productos químicos puede afectar a la salud de las vidas humanas, así como al medio ambiente. Debido a la inexistente presencia de productos químicos con características radioactivas, nos centraremos en la exposición tanto por inhalación, ingestión o contacto y los riesgos que pueden comportar dicha exposición están estrechamente unidos a las características de dicha sustancia. Por lo tanto, es importante conocer las características de las sustancias presentes en el proceso con el fin de poder determinar el peligro y el riesgo potencial que presentan. En el **apartado 5.17.1 Hojas de seguridad** (4) se muestran las fichas de seguridad de todos los compuestos presentes en la industria.

5.5.5.1 Medidas de seguridad y prevención en caso de exposición a productos químicos

- Cumplimiento de la reglamentación vigente en lo referente a identificación, almacenamiento y transporte de productos químicos.
- Correcta utilización de los Equipos de Protección Individual (EPI), siempre marcados con la sigla de la Comunidad Europea (CE) que garantiza que cumplen con los mínimos requisitos legales y técnicos en materia de seguridad de los Estados miembros de la Unión Europea.
- Creación de un archivo de todos los EPI donde se recoja información como la fecha de fabricación, fecha de adquisición, condiciones de uso, número de utilizaciones (en caso necesario), fecha de caducidad, distribuidor autorizado, etc. a fin de poder sustituir y remplazar los EPI que sean necesarias conforme a las indicaciones del fabricante del equipo.

- Uso de guantes específicos en función del tipo de agresión (química, térmica o eléctrica) para la protección de manos y brazos.
- Uso de equipos filtrantes frente a gases, vapores y/o polvos para la protección de las vías respiratorias y las mucosas de éstas.
- Uso de gafas para la protección ocular en caso de salpicaduras.
- Uso de ropa de protección contra las agresiones química en zonas que requeridas como la de reacción con el fin de proteger en su totalidad el cuerpo de salpicaduras.
- Correcta señalización de las medidas a tomar en los diferentes puntos de la industria, ya sean señales acústicas o lumínicas.
- Transportar los envases de vidrio en contenedores de protección.
- Controlar los envases plásticos frente a su previsible deterioro.
- Trasvasar en lugares determinados bien ventilados y a velocidades lentes, preferentemente mediante extracción localizada.
- Disponer de duchas de emergencia y lavaojos en lugares determinados, como en sitios cercanos a los lugares donde se efectúen trasvases.

5.5.5 Riesgo de ergonomía

La ergonomía se podría definir como el conjunto de ciencias y técnicas, el objetivo de las cuales es adecuar la persona a su puesto de trabajo. Dicho de otra forma, se trataría de la idealización en la interacción entre el hombre, las máquinas y los puestos de trabajo.

Este conjunto de ciencias y técnicas estudia tanto el espacio físico de trabajo, el ambiente térmico, ruidos y vibraciones, como las posturas de trabajo, desgaste energético, carga mental fatiga nerviosa y todo aquello que pueda poner en peligro la salud del trabajador y su equilibrio psicológico y nervioso.

Las recomendaciones ergonómicas son fichas elaboradas por el *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo* (INSHT) relacionadas con las principales medidas a adoptar en los lugares de trabajo para la mejora ergonómica. Algunas de las medidas para prevenir posibles riesgos derivados de la mala ergonomía durante la jornada laboral son:

- Respetar los límites de peso manipulado, y utilizar unas técnicas adecuadas en el manejo de cargas si se va a manipular la carga manualmente.
- Establecer medidas organizativas como, por ejemplo, la rotación de puestos de trabajo si la tarea a realizar es demasiado pesada.
- Realizar pausas en el trabajo para cambiar de postura y cambiar de postura periódicamente, si el esfuerzo requiere movimientos excesivamente repetitivos.
- Emplear las herramientas adecuadas para cada tipo de trabajo y conservarlas en buenas condiciones y sin desperfectos.
- Efectuar reconocimientos médicos periódicos que faciliten la detección de posibles lesiones musculo-esqueléticas.
- Adaptar el mobiliario y la distancia de alcance de los materiales a las características intrínsecas del propio empleado.

5.6 SEÑALIZACIÓN

Aunque no se intenta restar importancia a cualquier otra parte que concierne a la Seguridad e Higiene, una de las partes más importantes de la seguridad de la planta es una correcta señalización.

5.6.1 Normativa vigente

Toda la normativa relacionada con la señalización viene recogida en el *Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo* (9) (10). En él se recoge toda la información y normas en materia de señales, tanto en lo relativo a la forma geométrica, color y pictograma o símbolo, y es en función de las características que poseerá un significado u otro.

En cuanto a normativa en líneas general cabe destacar:

- La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:
 - Las características de la señal.
 - Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
 - La extensión de la zona a cubrir.
 - El número de trabajadores afectados.
- La eficacia de la señalización no deberá resultar disminuida por la concurrencia de señales o por otras circunstancias que dificulten su percepción o comprensión. La señalización de seguridad y salud en el trabajo no deberá utilizarse para transmitir informaciones o mensajes distintos o adicionales a los que constituyen su objetivo propio.
- La señalización deberá permanecer en tanto persista la situación que la motiva.
- Los medios y dispositivos de señalización deberán ser, según los casos, limpiados, mantenidos y verificados regularmente, y reparados o sustituidos cuando sea necesario, de forma que conserven en todo momento sus cualidades intrínsecas y de funcionamiento. Las señalizaciones que necesiten de una fuente de energía dispondrán de alimentación de emergencia que garantice su funcionamiento en caso de interrupción de aquella, salvo que el riesgo desaparezca con el corte del suministro.

Con la finalidad de facilitar la comprensión de lo que las diferentes señales transmiten, se presenta un análisis de las diferentes características.

5.6.1.1 Colores de las señales

En la **Tabla 5.4** se presentan los colores de las señales, así como su significado y el color de contraste que los diferentes fondos requieren.

Tabla 5.6. Colores, Contraste y significado de las diferentes señales.

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

5.6.2 Señales en forma de panel

Las señales en forma de panel constituyen la gran mayoría de las señales de seguridad. Son todas aquellas que, por la combinación de una forma geométrica, de colores y de un símbolo o pictograma, proporciona una determinada información. Cabe destacar que la visibilidad de las cuales deben estar aseguradas por una iluminación de suficiente intensidad.

En cuanto a las características intrínsecas que las señales en forma de panel tienen, cabe destacar:

- La forma y colores las señales se definen función del tipo de señal de que se trate.
- Los pictogramas serán lo más sencillos posible, evitándose detalles inútiles para su comprensión.
- Las señales serán de un material que resista lo mejor posible los golpes, las inclemencias del tiempo y las agresiones medioambientales.
- Las dimensiones de las señales, así como sus características colorimétricas y fotométricas, garantizarán su buena visibilidad y comprensión.

Por otra parte, en cuanto a la utilización y la disposición:

- Las señales se instalarán preferentemente a una altura y en una posición apropiadas en relación al ángulo visual, teniendo en cuenta posibles obstáculos, en la proximidad inmediata del riesgo u objeto que deba señalizarse o, cuando se trate de un riesgo general, en el acceso a la zona de riesgo.
- El lugar de emplazamiento de la señal deberá estar bien iluminado, ser accesible y fácilmente visible. Si la iluminación general es insuficiente, se empleará una iluminación adicional o se utilizarán colores fosforescentes o materiales fluorescentes.
- A fin de evitar la disminución de la eficacia de la señalización no se utilizarán demasiadas señales próximas entre sí.

- Las señales deberán retirarse cuando deje de existir la situación que las justificaba.

5.6.2.1 Señales de advertencia

Las señales de advertencia se caracterizan por su forma triangular, en la cual se presenta un pictograma negro sobre fondo amarillo. Los bordes de la señal serán en negros y el amarillo deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal. Cabe destacar que la señal de "Peligro en general" no se utilizará para advertir a las personas de la existencia de sustancias o mezclas peligrosas, excepto en los casos en que se está obligado su uso para indicar el almacenamiento de sustancias o mezclas peligrosas.

En la **Figura 5.4** se muestran los diferentes tipos de *Señales de advertencia* que existirían en la industria.



Figura 5.4. Señales de advertencia presentes en la industria de producción de Cloruro de vinilo.

5.6.2.2 Señales de prohibición

Las señales de prohibición se caracterizan por la forma redonda, con un pictograma negro sobre fondo blanco y bordes y banda transversal rojos (descendente de izquierda a derecha atravesando el pictograma con una inclinación de 45º respecto a la horizontal). El rojo deberá cubrir como mínimo el 35 por 100 de la superficie de la señal).

En la **Figura 5.5** se muestran los diferentes tipos de *Señales de prohibición* que existirían en la industria.



Figura 5.5. Señales de prohibición presentes en la industria de producción de Cloruro de vinilo.

5.6.2.3 Señales de obligación

Las señales de obligación se caracterizan por la forma redonda, donde se presenta un pictograma blanco sobre fondo azul. El azul deberá cubrir como mínimo el 50 por 100 de la superficie de la señal.

En la **Figura 5.6** se muestran los diferentes tipos de *Señales de obligación* que existirían en la industria.



Figura 5.6. Señales de obligación presentes en la industria de producción de Cloruro de vinilo.

5.6.2.3 Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios

Las señales relativas a los equipos de lucha contra incendios se caracterizan por su forma rectangular o cuadrada, donde se presenta un pictograma blanco sobre fondo rojo, el cual deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal.

En la **Figura 5.7** se muestran los diferentes tipos de *Señales de obligación* que existirían en la industria.



Figura 5.7. Señales relativas a los equipos de lucha contra incendios presentes en la industria de producción de Cloruro de vinilo.

5.6.2.4 Señales de salvamiento o socorro

Las señales de salvamiento o socorro se caracterizan por su forma rectangular o cuadrada, donde se presenta un pictograma blanco sobre fondo verde, el cual deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal.

En la **Figura 5.8** se muestran los diferentes tipos de *Señales de salvamiento o socorro* que existirían en la industria.



Figura 5.8. Señales de salvamento o socorro presentes en la industria de producción de Cloruro de vinilo.

5.6.3 Señales luminosas y acústicas

5.6.3.1 Señales luminosas

Las señales luminosas de seguridad transmiten información de manera visual a partir de un dispositivo formado por materiales transparentes o translúcidos. Ejemplos de éstas son las luces de emergencia. La luz emitida por la señal deberá provocar un contraste luminoso apropiado respecto a su entorno, donde su intensidad deberá asegurar su percepción sin producir deslumbramientos. Pueden emplearse varios colores como, por ejemplo, el rojo, amarillo o blanco en función del mensaje a transmitir e incluso podrá llevar un pictograma sobre el fondo.

En el caso de que un dispositivo pueda emitir una señal tanto continua como intermitente, la intermitente se utilizará para indicar un mayor grado de peligro o una mayor urgencia de la acción requerida respecto a la continua. Por otra parte, 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. La señal luminosa intermitente, mediante la duración y frecuencia de los destellos, deberá garantizar la correcta identificación del mensaje, evitando que pueda ser percibida como continuas.

Los dispositivos de emisión de señales luminosas para uso en caso de peligro grave deberán ser objeto de revisiones especiales o ir provistos de una bombilla auxiliar.

5.6.3.2 Señales acústicas

Las señales acústicas de seguridad son aquellas señales emitidas sin intervención de una voz humana o sintética. Ejemplos de esto son las sirenas o las alarmas de evacuación, emergencia o incendio. Ésta deberá tener un nivel sonoro superior al nivel de ruido ambiental, de forma que sea claramente audible, pero sin llegar a ser excesivamente molesto. Nunca deberá utilizarse una señal acústica cuando el ruido ambiental sea demasiado intenso. El tono de la señal acústica intermitentes, la duración, el intervalo y la agrupación de los impulsos, deberá permitir su correcta identificación y clara distinción frente a otras señales acústicas o ruidos ambientales. No deberán utilizarse dos señales acústicas simultáneamente.

Por otra parte, si un dispositivo puede emitir señales acústicas con un tono o intensidad variables o intermitentes, o con un tono o intensidad continuos, se utilizarán las intermitentes o variables para un mayor grado de peligro o una mayor urgencia de la acción requerida.

El sonido de una señal de evacuación deberá ser continuo.

5.6.3.3 Disposiciones comunes

El uso de señales luminosas y/o acústicas indicarán, al ponerse en marcha, la necesidad de realizar una determinada acción, y se mantendrá mientras persista tal necesidad. La eficacia y el buen funcionamiento de las señales luminosas y acústicas se comprobará antes de su entrada en servicio, y posteriormente mediante las pruebas periódicas necesarias.

De igual forma que en los anteriores apartados, las señales luminosas y acústicas intermitentes previstas para su utilización alterna o complementaria deberán emplear idéntico código, siendo las intermitentes para indicar un mayor grado de peligro o mayor urgencia de la acción requerida. Por otra parte, y de igual manera, deberá poderse diferenciar claramente el su uso continuo del variable o intermitente.

5.6.4 Comunicación verbal

La comunicación verbal se trata de un mensaje verbal predeterminado formado por frases cortas, simples y claras en las cuales se emplea voz humana (directa) o sintética (indirecta). Dicha comunicación se establece entre un locutor o emisor y los oyentes. Los oyentes deberán conocer bien el lenguaje empleado con el fin de poder comprender el mensaje correctamente y adoptar así el comportamiento adecuado para la determinada situación que se produzca.

5.6.5 Señales táctiles

Las señales táctiles constituyen las señales que se pueden percibir por un receptor al tocar la superficie de los recipientes donde se almacenan sustancias peligrosas con el fin de alertar de su peligro. Estas señales deberán ser precisas, simples, amplias, fáciles de realizar y comprender y claramente distinguibles de cualquier otra señal gestual.

La utilización de los dos brazos al mismo tiempo se hará de forma simétrica y para una sola señal gestual.

5.6.6 Señales gestuales

Las señales gestuales son movimientos codificados de los brazos o manos para guiar a las personas que estén realizando maniobras que constituyan un riesgo o peligro para los trabajadores.

El encargado de las señales, que deberá poder seguir visualmente el desarrollo de las maniobras sin estar amenazado por ellas, dará las instrucciones de maniobra mediante señales gestuales operador. El encargado de las señales, el cual deberá dedicarse exclusivamente a dirigir las maniobras y a la seguridad de los trabajadores situados en las proximidades, llevará uno o varios elementos de identificación apropiados (como chaqueta, manguitos o casco) con colores vivos y deberá ser fácilmente reconocido por el operador. En el caso que el operador no pueda ejecutar las órdenes recibidas con las pertinentes garantías de seguridad, deberá suspender las maniobras que se estén realizando.

En la **Figura 5.9** se presentan algunas de las señales gestuales que se utilizarán en la planta, obligando a todos los trabajadores a ser partícipes de sus significados.

Señales gestuales			Señales gestuales		
Significado	Descripción	Ilustración	Significado	Descripción	Ilustración
<ul style="list-style-type: none"> - Comienzo - Atención - Toma de mando 	Los dos brazos extendidos en horizontal, las palmas de las manos hacia delante.		Izar	Brazo derecho extendido hacia arriba, la palma de la mano derecha hacia delante, describiendo lentamente un círculo.	
<ul style="list-style-type: none"> - Alto - Interrupción - Fin de movimiento 	El brazo derecho extendido hacia arriba, la palma de la mano hacia delante.		Bajar	Brazo derecho extendido hacia abajo, palma de la mano derecha hacia el interior, describiendo lentamente un círculo.	
Fin de las operaciones	Las dos manos juntas a la altura del pecho.		Distancia	Las manos indican la distancia vertical.	

Figura 5.9. Algunas señales gestuales en la industria de producción de Cloruro de vinilo.

5.7 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD

Así como ya se ha comentado en anteriormente, las disposiciones mínimas de seguridad y salud se recogen en el *Real Decreto 486/1997, del 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en el lugar de trabajo* (11). Este Real Decreto es el que regula la ley de prevención de riesgos laborales y es la norma legal que garantiza el nivel adecuado de protección de la salud de los trabajadores delante de riesgos que puedan producirse en su lugar de trabajo.

5.7.1 Obligaciones del empresario

El empresario, mediante una serie de obligaciones, deben velar por el bienestar y por la seguridad de sus trabajadores. Las obligaciones que éstos deben cumplir se pueden clasificar en:

- **Obligaciones generales:** el empresario debe garantizar la seguridad y la salud de sus trabajadores, integrar la actividad preventiva en todas las fases de la actividad empresarial, cumplir con las disposiciones mínimas establecidas por el *Real Decreto 465/1997* en cuanto a condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, y material y locales de primeros auxilios.
- **Obligaciones respecto a los trabajadores:** el empresario debe informar y formar a sus trabajadores sobre los riesgos existentes en todo el centro, las medidas de prevención y protección aplicadas en la empresa y a usar adecuadamente las diferentes maquinas, herramientas y dispositivos de seguridad que existan. En el caso de que exista riesgo grave e inminente, el empresario deberá paralizar toda actividad. Del mismo modo, deberá vigilar de manera periódica la salud de los trabajadores, facilitarle equipos y medios de protección y consultar a sus

trabajadores y permitir que participen en materia de prevención de riesgos laborales.

- **Obligaciones respecto al centro de trabajo:** el empresario deberá elaborar un plan de prevención de riesgos propio que comprenda la identificación, evaluación y control de los riesgos de la empresa y una planificación estricta de la actividad de prevención y protección, así como adoptar las medidas en caso de emergencia. Del mismo modo, deberá organizar los recursos para la actividad preventiva y elaborar y conservar toda la documentación específica.

No obstante, los trabajadores también tienen unas obligaciones, las cuales vienen ligadas a las de los empresarios.

5.7.2 Obligaciones de los trabajadores en prevención de riesgos

Los trabajadores, como se ha dicho anteriormente, también tienen unas obligaciones a cumplir. Éstos deben cumplir, sin excepción alguna, las siguientes obligaciones:

- Nunca se utilizará ningún aparto cuyo funcionamiento no se sepa correctamente. En caso de duda, se preguntará al técnico que habitualmente trabaja con el mismo, y en presencia de él se manejará.
- Los aparatos, una vez utilizados, deberán dejarse desconectados, limpios y tapados con la funda correspondiente en el caso de que tenga.
- El material de uso debe ser recogido y guardado por quien lo ha utilizado.
- Antes de manipular cualquier producto desconocido se debe informar convenientemente sobre la peligrosidad del producto.
- Se tendrá especial interés en mantener ordenados todos los departamentos, almacenes, talleres, etc. así como el orden y limpieza en los patios exteriores de la industria.
- Queda estrictamente prohibido el uso de equipos para uso particular. La dirección podrá considerar y permitir su uso tras previa solicitud, siempre debidamente justificada.
- El personal de planta deberá vestir con el uniforme facilitado, mientras que las demás personas de la industria deberán llevar la bata de manga larga.
- Se recomienda al personal administrativo, comercial, de laboratorio e incluso jefes de departamento llevar corbata o, en su defecto, camisa debidamente abrochada, es decir, cuidar el porte exterior que esté en consonancia con el cargo y posición que cada uno ocupa.
- Por la convivencia con todos los compañeros, cada uno deberá cuidar de su aseo personal.
- En los vestuarios, cada uno guardará su ropa, incluidos bolsas y zapatos, dentro de su taquilla.
- NO se permite comer, beber o preparar comidas fuera de las zonas autorizadas.
- El comportamiento debe ser el correcto durante la jornada laboral. En ese sentido, las actitudes hostiles o poco educadas pueden representar una sanción disciplinaria contra el infractor.

- El uso privado de Internet, incluida la escritura, recepción y envío de correo electrónico, está únicamente permitido en los descansos, pausas o cualquier otro momento fuera del horario laboral.

5.8 CONDICIONES CONSTRUCTIVAS

Con el objetivo de prever los peligros que suponen caídas de personas o material sobre los trabajadores, golpes contra objetos o derrumbamiento, hay que establecer un diseño y unas características constructivas concretas que eviten o minimicen la presencia de riesgos en el lugar de trabajo (12).

5.8.1 Seguridad estructural

La seguridad estructural hace referencia al diseño constructivo de las zonas de trabajo. Dichas zonas deberán ser sólidas y con la suficiente resistencia para soportar las posibles cargas o esfuerzos que pueden afectarles.

Las dimensiones del lugar de trabajo deberán permitir al trabajador realizar su faena sin riesgos para su salud y seguridad con las condiciones ergonómicas adecuadas, ya comentadas anteriormente. Una buena zona de trabajo sería aquella donde hubiera 3 metros de altura del suelo al techo, pero en locales comerciales, oficinas y despachos la altura podría ser de 2,5 metros. La superficie por trabajador adecuada sería de $2m^2$ y de $10m^3$. También hay que tener en cuenta la separación entre los elementos materiales existentes para garantizar la buena ejecución de las labores.

Estas zonas deberán ofrecer seguridad frente a posibles riesgos de resbalón, caídas, choques, golpes contra objetos, derrumbamientos o caídas de materiales sobre los trabajadores.

5.8.2 Suelos, desniveles, escaleras y barandillas

Los suelos deberán ser fijos, estables y no resbaladizos, sin irregularidades ni pendientes peligrosas y si fuera necesario dotarlo de elementos antideslizantes. Las rampas tienen que tener un pendiente máximo del 12% cuando su longitud sea menor de 3 metros, del 10% cuando su longitud sea menor de 10 metros y del 8% en el resto de los casos.

En las escaleras o plataformas con pavimentos perforados, la abertura máxima de los intersticios será de 8 milímetros.

Las escaleras tendrán una anchura mínima de 1 metro, excepto en las de servicio, que será de 55 centímetros. Las escaleras de caracol están prohibidas, exceptuando los casos que sean de servicio. Todos los escalones de una escalera tienen que tener las mismas dimensiones. Los peldaños de las escaleras tienen que tener una huella de entre 23 y 36 centímetros, mientras que la contrahuella tiene que estar entre 13 y 20 centímetros. Por otra parte, los peldaños de las escaleras de servicio tienen que tener 15 y 25 centímetros respectivamente. La altura máxima entre los descansos de las escaleras será de 3,7 metros y la profundidad de los descansos intermedios, medidos en la dirección de la escalera, no será menor que la mitad del ancho ni menor a 1 metro.

Por lo relativo a las escaleras fijas, el ancho mínimo tiene que ser de 40 centímetros y la distancia entre escalones de 30 centímetros. La distancia entre el frente de los escalones y las paredes más próximas al lado del ascenso deberán ser al menos de 75 centímetros y la distancia

entre la parte posterior y el objeto más próximo será de 16 centímetros. También habrá un espacio libre de 40 centímetros a cada lado del eje de la escalera si no está provista de jaula u otros dispositivos equivalentes. En el caso de que el tramo final a la superficie que se quiere acceder suponga riesgo por falta de soportes, la barandilla o el lateral de la escalera se prolongara al menos 1 metro por encima del último escalón.

5.8.3 Ventanas

En lo referente a las ventanas, las que estén situadas en los locales o cerca de los lugares de trabajo y vías de circulación, tendrán que estar claramente señalizadas y fabricados con materiales seguros, con el fin de evitar golpes o lesiones en el caso de que éstas se rompan. Por otra parte, las aperturas, cierres, ajustes o fijación de éstas deben hacerse de forma segura por parte de los trabajadores sin que hacerlo conlleve un riesgo. También deberá poder ser limpiadas sin que suponga un riesgo a los trabajadores encargados de esa función, aunque para ello dispongan de los sistemas de seguridad necesarios.

5.8.4 Puertas

En cuanto a las puertas, podemos encontrar de diferentes tipos.

Por un lado, podemos encontrar puertas de seguridad contra incendios, las cuales retrasan el avance de éste. No obstante, este tipo de puertas serán tratadas mas adelante.

Por otra parte, las puertas transparentes deberán disponer de una señal a la altura de la vista para no colisionar contra ellas. A la vez, estarán protegidas contra posibles roturas con el fin de evitar posibles accidentes a los trabajadores.

En cuanto a las puertas correderas y aquellas que se abran hacia arriba, deberán estar dotados de sistemas de seguridad que impida que estos se cierren cuando hay un trabajador, vehículo o material debajo de la misma.

Las puertas mecánicas tienen que funcionar sin riesgo para los trabajadores. Éstas tendrán dispositivos de parada de emergencia de fácil identificación y acceso, y se podrán abrir manualmente en el caso de que haya una avería del sistema.

Las puertas de acceso a escaleras no se abrirán directamente sobre los escalones, sino sobre plataformas de anchura como mínimo igual a la de los escalones.

Finalmente, las puertas y portones de vaivén deberán ser transparentes o disponer de una parte transparente para poder visualizar el interior de la zona a la cual se desea acceder.

5.8.5 Vías de circulación

Las vías de circulación en los lugares de trabajo (tanto en exteriores de los edificios como en los locales interiores) incluidas puertas, pasadizos, escaleras, rampas y muelles de carga, tendrán que poder ser usados con su uso previsto de forma fácil y segura para los vehículos y los viandantes que circulen y el personal que este en sus proximidades.

El número, situación, dimensiones y condiciones constructivas de las vías de circulación se tienen que adecuar al número potencial de usuarios y a las características de la actividad y el lugar del trabajo. En el caso de los muelles y rampas de carga se tienen que tener en cuenta la dimensión de las cargas transportadas.

El ancho mínimo de las puertas exteriores y de los pasadizos será de 80 centímetros y 1 metro, respectivamente.

El ancho de las vías por las cuales puedan circular medios de transporte y viandantes tienen que permitir el paso simultaneo con una separación de seguridad suficiente.

Las vías de circulación destinadas a vehículos se tienen que situar a una distancia suficiente de las puertas, zonas de circulación, pasadizos y escaleras.

Los muelles de carga tienen que tener como mínimo una salida o una a cada extremo cuando tengan una gran longitud y sea posible.

En caso de que sea necesario para garantizar la seguridad de los trabajadores, las vías se tendrán que señalizar de forma clara.

5.8.6 Salidas de emergencia y salidas de evacuación

Las salidas de emergencia y las salidas de evacuación son de vital importancia ya que han de ser amplias y tiene que haber el número necesario para garantizar la seguridad. El número de este tipo de salidas dependerá de las dimensiones del lugar de trabajo, la distribución del espacio, los equipos de trabajo que se emplean y el número de trabajadores.

Las salidas de emergencia y evacuación, debidamente señalizadas conforme indica el Real Decreto, deberán conducir directamente o lo más directamente posible al exterior o zona de seguridad y, en caso de peligro, los trabajadores deberán poder acceder a ellas de forma rápida y en condiciones de máxima seguridad con el fin de evacuar a los trabajadores rápidamente. Por ese motivo, las puertas no estarán cerradas con llave, se abrirán hacia el exterior sin ninguna ayuda especial y no serán obstruidas por ningún tipo de objeto. Quedan prohibidas las puertas de emergencia que sean corredizas o giratorias.

Las vías y salidas de evacuación y emergencia estarán previstas de su correspondiente iluminación para garantizar su localización, como ya se ha comentado anteriormente. En caso de avería en la instalación, se requerirá iluminación de seguridad con suficiente intensidad.

5.9 HIGIENE

La Higiene en el lugar de trabajo está dirigida al conocimiento, evaluación y control de factores en el lugar de trabajo que puedan causar enfermedades o lesiones. También cabe destacar que está dirigida a evitar accidentes como golpes y caídas debido a ambientes desordenados, sucios o indebidamente ordenados.

5.9.1 Limpieza

La limpieza es un punto importante a destacar, ya que mantener las zonas de trabajo limpias y ordenadas es algo fundamental para evitar todo tipo de situaciones que puedan desencadenar en alguna situación de riesgo y/o peligro.

Con el fin de evitar estas situaciones de peligro, es conveniente eliminar lo innecesario y clasificar tan solo aquello que se considere útil. Para ello, se dispone de una buena política empresarial encaminada a conseguir mantener ordenados y limpios los espacios de trabajo, eliminando todo aquello que no sea necesario o útil.

Una vez realizada esta clasificación de lo necesario, todo lo catalogado como apto y útil será almacenado en zonas previamente acondicionadas. El modo de almacenamiento será muy

importante para poder localizar aquello que se desee posteriormente de la manera más fácil, rápida y segura. Para realizar esta ordenación hay que tener en cuenta aspectos como la frecuencia de uso, compatibilidad entre elementos o diseño de los mecanismos. También cabe destacar en este punto la importancia de identificar correctamente y de forma clara y concisa las zonas de almacenamiento.

Por último, para que esta organización sea efectiva del todo es necesario realizar limpiezas periódicas de las zonas de almacenamiento para mantenerlas limpias y ordenadas con la finalidad de agilizar las tareas de búsqueda, optimizar al máximo el espacio del que se dispone y generar así un espacio seguro, cómodo y agradable.

5.9.2 Limpieza de los equipos

Se aprovecharán las paradas de producción para limpiar y realizar el mantenimiento de todos los equipos, como por ejemplo el cambio del catalizador de los reactores o

Además, también serán limpiadas mediante procedimientos especiales, todas las zonas en las que se encuentran los equipos más peligrosos en este tipo de materia.

5.9.3 Sanidad en la planta

Otro aspecto importante sin dejar de lado la limpieza y orden en las zonas de trabajo, es la Sanidad en la planta. Es conveniente también llevar un control de plagas, tanto de insectos como de roedores o similares, que puedan darse en la planta y en las zonas de trabajo. Del mismo modo, se realizará un exhaustivo control de los microorganismos con el fin de erradicarlos y evitar zonas insalubres para los trabajadores.

Aunque se debe conseguir en todas las zonas de la industria, hay que hacer especial hincapié en las zonas como comedores, vestuarios y lavabos, los cuales tienen que presentar condiciones óptimas y propicias de limpieza.

5.9.4 Higiene personal

En lo relativo a la Higiene personal, no hay que olvidar la importancia de que el trabajador respete unas normas de higiene con la finalidad de garantizar su salud, así como la integridad de las tareas que realizan.

Es por ello que es necesario lavarse detenidamente las manos y uñas antes y después que cualquier proceso que el trabajador realice, así como el mantenimiento de unas uñas cortas evitando esmaltes y productos cosméticos. Por otra parte, está totalmente prohibido acudir al puesto de trabajo con ropa de calle, siendo necesario usar la ropa concedida por la empresa y cambiársela diariamente, evitando que la ropa personal no entre en contacto con los productos nocivos de la planta. También será necesario el uso de gorras o parecido para evitar la caída de cabello sobre el producto en las zonas que sea requerido.

5.10 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)

Así como se expone en el *Real Decreto 773/1997 del 30 de mayo sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual (EPIs)* (13) (14), los equipos de protección individual son de vital importancia en cualquier zona de trabajo. Según el *Real Decreto* los EPIs se definen como

cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

Como se postula en el *Real Decreto* y para garantizar la protección del usuario portador de uno o más EPIs, todo prototipo de EPI debe ser sometido al examen “CE de tipo”, el cual se trata de un organismo de control encargado de garantizar la eficacia del equipo según las normativas vigentes. Si dicho equipo supera los controles correspondientes realizados, su conformidad quedara indicada por la marca “CE” que llevara incorporada.

No se considerarán EPIs los siguientes equipos:

- La ropa de trabajo corriente y los uniformes que no estén específicamente destinados a proteger la salud o la integridad física del trabajador.
- Los equipos de los servicios de socorro y salvamento.
- Los equipos de protección individual de los militares, de los policías y de las personas de los servicios de mantenimiento del orden.
- Los equipos de protección individual de los medios de transporte por carretera.
- El material de deporte.
- El material de autodefensa o de disuasión.
- Los aparatos portátiles para la detección y señalización de los riesgos y de los factores de molestia.

Los equipos de protección individual se utilizarán cuando existan riesgos para la seguridad o salud de los trabajadores que no hayan podido evitarse o limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

Los EPIs se pueden dividir en tres categorías:

- Categoría I: protegen frente a riesgos mínimos como agresiones mecánicas, productos de mantenimiento poco nocivos cuyos efectos sean fácilmente reversibles, pequeños choques y vibraciones, entre otros.
- Categoría II: aquellos equipos destinados a proteger contra riesgos de grado medio o elevado, pero no de consecuencias mortales o irreversibles.
- Categoría III: a este grupo pertenecen aquellos equipos destinados a proteger contra riesgos mortales o irreversibles. Exclusivamente pertenecen a la categoría III los equipos de protección respiratoria filtrante que protejan contra gases irritantes, peligrosos, tóxicos, los que brinden protección limitada contra las agresiones químicas, los equipos de intervención en ambientes cálidos ($\geq 100^{\circ}\text{C}$) o fríos (-50°C), los destinados a proteger contra las caídas desde determinada altura y los destinados a proteger contra los riesgos eléctricos.

Por último, cabe destacar que, si algún EPI genera problemas dermatológicos en personas sensibilizadas o delicadas, que generalmente no son contemplados en las normas de certificación, se deberá tener en cuenta dicha problemática.

Por otra parte, los EPIs se pueden dividir en dos: los equipos de protección individual parciales o equipos de protección individuales integrales.

5.10.1 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL PARCIALES

Los equipos de protección están destinados a proteger frente a riesgos localizados en zonas o partes del cuerpo específicas. A continuación, destacamos los EPI parciales que encontraremos en la industria.

Protectores de cabeza

En cuanto a protectores de cabeza destaca el casco. La normativa vigente en materia de cascos viene recogida en la *NTP 228: Cascos de protección: Guías para la elección, uso y mantenimiento* (14), el objetivo de la cual es formular criterios para la elección, uso y mantenimiento de los cascos de protección para la industria utilizados por los trabajadores frente a los riesgos de choques, golpes y caídas o proyección de objetos.

El uso del casco será de uso obligatorio siempre que exista riesgos de choques, golpes y caídas o proyección de objetos en cualquier zona de la planta.

Partiendo de las condiciones ambientales de la zona de nuestra planta y de los tipos de riesgos que existen, de entre los tres tipos de cascos que encontramos (N, E-P, E-AT), utilizaremos los Cascos de protección E-AT. Estos cascos son útiles frente a la caída de objetos romos con energía máxima de impacto de $4,5 \text{ Kg}\cdot\text{m}$ y caída de objetos puntiagudos con energía máxima de impacto de $1 \text{ Kg}\cdot\text{m}$, utilizables en el intervalo de temperaturas de 5 a 50 °C, y no les afecta las condiciones de humedad o lluvia. Pueden utilizarse para tensiones de hasta 20kV, aunque cabe destacar que estos cascos están diseñados para proteger frente a riesgos mecánicos, estando sus características dieléctricas encaminadas a prevenir contactos eléctricos accidentales.

Por último, e independientemente del tipo de casco, todos tienen que cumplir con que el peso del caso sea inferior a 450 gramos, la distancia entre cabeza del usuario y casquete será mayor a los 21 milímetros y que la anchura de la banda de la cabeza será, como mínimo, de 25 milímetros.

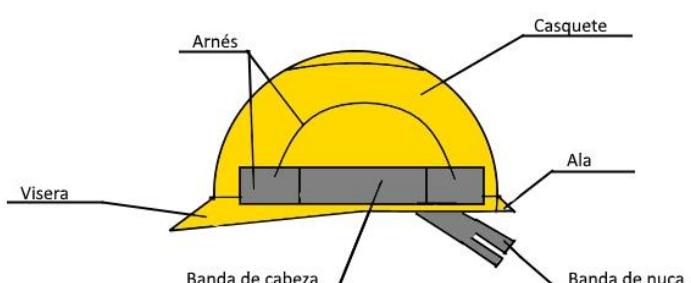


Figura 5.10. Diagrama de un casco de seguridad.

Protectores visuales

En relación a los protectores visuales destacan los protectores de ojos y cara, siendo ejemplo de esto gafas, pantallas o protectores integrales. La normativa vigente en materia de protectores visuales viene recogida en la *NTP 262: Protectores visuales contra impactos y/o salpicaduras: guías para la elección, uso y mantenimiento* (15). En esta guía de buenas prácticas encontramos criterios para la elección, uso y mantenimiento de los protectores visuales

utilizados por los trabajadores para preservar los ojos o la cara contra los riesgos de impacto de partículas sólidas y/o salpicaduras de líquidos.

Los protectores visuales tendrán que ser usados siempre que exista riesgo de impacto de partículas sólidas y/o salpicaduras de líquidos.

Los protectores visuales, los cuales incluyen también pantallas, deberán cumplir como mínimo que sean resistentes a impactos de objetos romos con energía máxima de 0,0572 Kg, al agua, el calor y la humedad, que los elementos metálicos sean resistentes a la corrosión, que no sean inflamables, que permitan como mínimo un campo visual binocular del 85% del patrón y un valor mínimo del 20% para el campo visual periférico respecto a dicho patrón, que el valor de la transmisión media al visible de los oculares sea superior al 89% y que los oculares sean sin graduación ninguna.

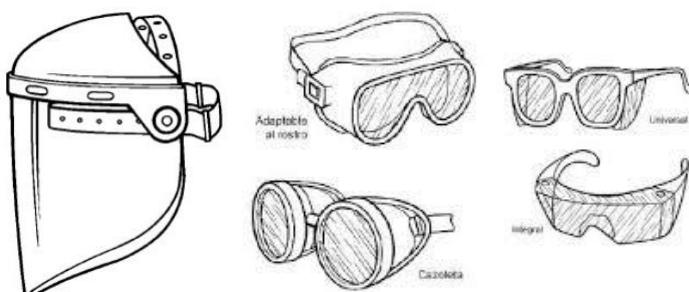


Figura 5.11. Ejemplos de protectores visuales presentes en la planta.

Protectores auditivos

En cuanto a los protectores auditivos, éstos tienen que atenuar el ruido de forma que el usuario que hace uso del equipo de protección disponga de una exposición óptima al ruido, equiparándose a un trabajador que no esté bajo el riesgo de este ruido. Son ejemplo de protectores auditivos

En las zonas en las que el nivel de potencia o el nivel de la intensidad del sonido sea superior a 85 dB continuos o que presenten picos de ruido superiores a 137 dB será obligatorio el uso de protectores auditivos.



Figura 5.12. Ejemplos de protectores auditivos presentes en la planta.

Protectores de vías respiratorias

Los protectores de vías respiratorias son de vital importancia en cuanto a la prevención de riesgos por inhalación de sustancias peligrosas contenidas en el aire susceptibles de ser respiradas por el usuario. Lo referente cuanto a tipo de filtros y clases viene recogido en *NTP 787: Equipos de protección respiratoria: identificación de los filtros según sus tipos y clases* (16).

Existen dos tipos de equipos de protección respiratoria: los **equipos dependientes de la atmósfera ambiente**, y los **equipos independientes de la atmósfera**. Los primeros son los equipos filtrantes, los cuales protegen las vías respiratorias mediante la eliminación de los contaminantes del aire antes de que sea inhalado. Los segundos son equipos aislantes del medio ambiente, los cuales protegen las vías respiratorias mediante el suministro de aire respirable, procedente de una fuente independiente.

En cuanto a los primeros, los equipos de protección **dependientes de la atmósfera ambiente** (equipos filtrantes) sólo serán empleados en ambientes que contengan, como mínimo, un 17% en volumen de oxígeno y en ambientes contaminados con concentraciones en las cuales el equipo pueda reducir, en la zona de inhalación del usuario, la concentración de los contaminantes a valores por debajo de los niveles de exposición recomendados.

Los equipos de protección de las vías respiratorias están compuestos por mascarillas y sus respectivos filtros. El tipo de filtro depende de la eficacia filtrante y del tipo de compuesto a retener. En las zonas donde haya riesgo de inhalación de partículas o polvo por parte del catalizador, se dispondrán filtros de tipo Hg-P3, los cuales son filtros de alta eficacia contra el mercurio. En las zonas donde exista riesgo de inhalación de gases o vapores procedente de productos ácidos (como el cloruro de hidrógeno) utilizaríamos filtros de tipo E, los cuales son eficaces contra ácidos.

Por otro lado, los **equipos aislantes del medio** son los que proporcionan aire respirable procedente de una fuente independiente del medio ambiente. Constan de adaptador facial y fuente que suministra aire o gas respirable no contaminado. Existen dos tipos: equipos de línea de aire, los cuales poseen una manguera a través de la cual llega el aire respirable, o equipos autónomos, los cuales proporcionan una fuente de gas respirable que la porta el usuario. Estos últimos pueden ser de circuito abierto (el aire exhalado por el usuario fluye directamente a la atmósfera) o de circuito cerrado (el aire exhalado por el usuario no se descarga a la atmósfera, sino que se regenera dentro del equipo). Los equipos de protección respiratoria aislantes del medio serán utilizados en caso de incendio con nube tóxica o en situaciones de dificultosa respiración.



Figura 5.13. Ejemplos de protectores respiratorios presentes en la planta.

Protectores de tronco y abdomen

Los equipos protectores de tronco y abdomen van destinados a la protección del tronco contra movimientos bruscos y/o repetitivos con la finalidad de evitar lumbalgias producidas durante manipulación manual de cargas pesadas.

Protectores de manos

Los equipos protectores de manos son de vital importancia frente a riesgos que comportan absorción dérmica de sustancias peligrosas y quemaduras térmicas y químicas, entre otros.

En cuanto a los equipos de protección de manos que encontraremos en la planta de producción de cloruro de vinilo, encontraremos guantes contra riesgos mecánicos, riesgos térmicos, riesgos químicos y riesgos eléctricos. Por otra parte, se encontrarán de diferentes medidas.

Protectores de piernas y pies

El calzado de seguridad es el elemento de protección de las extremidades inferiores más importante ya que protege los pies de posibles riesgos mecánicos, eléctricos, térmicos y químicos. Existen varios tipos de calzados y su elección estará determinada para la función o puesto de trabajo del usuario.

En cuanto al tipo de calzado destacamos calzado de seguridad, de protección y de trabajo. El **calzado de seguridad** incorpora elementos para proteger al usuario de riesgos que puedan originar accidentes. Está dotado con tope de seguridad, diseñado para ofrecer protección contra el impacto cuando se ensaya con un nivel de energía de 200 J y contra la compresión cuando se ensaya con una carga de al menos 15 kN. El **calzado de protección** constituiría lo mismo que el calzado de seguridad, aunque ofrecería protección contra el impacto hasta 100 J y contra la compresión hasta 10 kN. Por último, el **calzado de trabajo**, incorpora elementos para proteger al usuario de riesgos que puedan dar lugar a accidentes, no obstante, no garantiza protección contra el impacto y la compresión en la parte delantera del pie.

En lo relativo a los materiales de fabricación destacamos dos clasificaciones. En la clasificación I vendrían contenidos el calzado fabricado con cuero y otros materiales, excluyendo los calzados todos de caucho o todo polimérico. En la clasificación II, por otra parte, constarían los calzados todo de caucho (como los completamente vulcanizados) o todo polimérico (como los completamente moldeados).

Cualquiera de los tres tipos, con las dos clasificaciones posibles, tiene una serie de prestaciones que les permiten ofrecer protección frente a diversos riesgos.

En la industria de producción de cloruro de vinilo será de uso obligatorio el calzado contra riesgos mecánicos, como caída de objetos en puntera o metatarso o aplastamiento en zonas de almacenamiento o carga y descarga; contra riesgo eléctrico, como descarga electrostática o contacto eléctrico en zonas con riesgo de explosión o incendio; y contra riesgo químico, como ácidos. Cabe destacar también la posible obligación de uso de calzado contra riesgo térmico en caso de fuego.

En la **Figura 5.14** se presentan los diferentes elementos de protección existentes en el calzado.

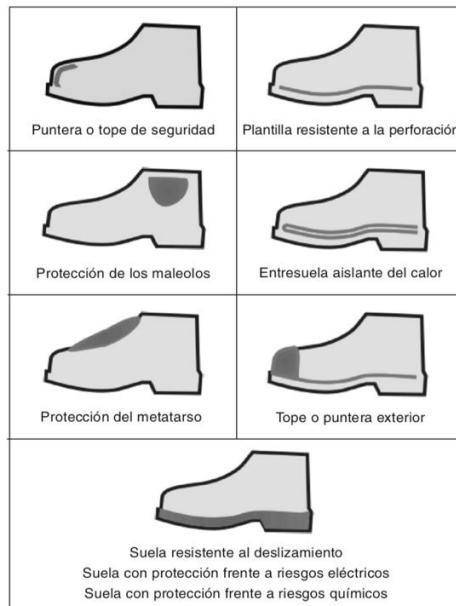


Figura 5.14. Elementos de protección en el calzado presente en la planta.

5.10.2 Equipos de protección individual integrales

Los equipos de protección individuales integrales se caracterizan por proteger frente a riesgos cuya actuación no es sobre partes o zonas determinadas del cuerpo, proporcionando de esta forma una seguridad “integral” o completa sobre todo el usuario. En esta sección destacamos Ropa de protección, Prendas de señalización y Protección contra caídas de altura.

Ropa de protección

La ropa de protección tiene por objetivo recubrir el cuerpo del trabajador para defenderlo frente a unos riesgos determinados, siendo en la fábrica de producción de cloruro de vinilo de origen químico, eléctrico y térmico (frío y calor).

En lo relativo a la ropa de protección frente a **riesgo eléctrico** cabe destacar la ropa de protección contra los efectos térmicos del arco eléctrico, ropa de protección antiestática y ropa aislante de la electricidad.

- La ropa de protección contra los efectos térmicos del arco eléctrico se caracteriza por estar hecha de materiales resistentes al arco eléctrico. Ésta no proporciona protección contra el paso de corriente eléctrica y no se permitirá la presencia de partes de metal expuestas en el exterior de la prenda, así como que las partes internas de metal no estarán en contacto con la piel.
- La ropa aislante de la electricidad se caracteriza por ropa que pretende evitar el paso de corriente a través del cuerpo cuando existe riesgo de contacto involuntario con partes en tensión. Está destinada para uso en instalaciones de baja tensión a una tensión nominal de 500 V c.a. o 750 V c.c.
- La ropa de protección antiestática se trata de ropa destinada a evitar la acumulación de cargas electrostáticas que puedan dar lugar a la formación de una chispa que pudiera dar lugar a una detonación en presencia de atmósferas ATEX. Las partes conductoras como metales se permiten si están cubiertas cuando la prenda esta en uso.

Por lo tanto, se utilizarán los diferentes EPIs integrales en función de la necesidad de la zona.

En lo relativo a la ropa de protección frente al **riesgo químico**, existen varios tipos de ropa de protección.

Por una parte, cuando el riesgo químico que se contempla en la industria viene principalmente producido por gases o vapores de productos químicos peligrosos, los trajes de protección serán de tipo 1. Estos trajes herméticos a gases protegen el cuerpo por completo y tienen todas sus costuras y uniones herméticas en el propio traje, así como las conexiones con los demás accesorios integrales, como guantes, botas, etc. Según el traje, el equipo de protección respiratoria irá dentro o fuera del traje como se muestra en la **Figura 5.15**.

Por otra parte, en las zonas de productos químicos peligrosos en estado sólido como en la zona de reacción o en el almacenaje del catalizador, se hará uso de trajes de protección contra partículas sólidas en suspensión o de tipo 5. Son generalmente desechables. En la mayoría de las ocasiones se usan con equipos de protección adicionales, como guantes, botas, protección respiratoria, etc., que no forman parte integral del traje pero que se usan combinados, sellados en sus puntos de unión o no, según se indique en el folleto informativo del equipo. En la **Figura 5.16** se muestra un traje de protección frente a productos químicos peligrosos sólidos.



Figura 5.15. Trajes de tipo 1 utilizados cuando el riesgo químico es producido por gases o vapores.



Figura 5.16. Dibujo de traje de tipo 5 utilizado en el riesgo químico producido por partículas sólidas en suspensión.

En líneas generales, la ropa se deberá ajustar a la persona que la vista, deberá ser de fácil limpieza y desinfección, así como presentar los menos bolsillos posibles para evitar la acumulación de suciedad en dichos sitios.

Ropa de señalización de alta visibilidad

La ropa de señalización de alta visibilidad está destinada a hacer visible al usuario en situaciones de riesgo con cualquier tipo de luz diurna y cuando es iluminado en la oscuridad por los faros de un automóvil.

Las prendas de alta visibilidad están confeccionadas básicamente con dos tipos de materiales: material de fondo, el cual es fluorescente, y material retrorreflectante.

El **material de fondo** se caracteriza con la propiedad de devolver una luz más visible de la que fue absorbida, lo que las hace más brillantes y con más colorido, aparte de tener contraste con los elementos urbanos.

Por otro lado, el **material retrorreflectante** tiene propiedades de retrorreflexión, la cual es una propiedad física que ayudará al ojo a percibir la luz en condiciones de baja iluminación, como son las situaciones nocturnas.

Los equipos de alta visibilidad (AV) sirven, como primera línea de defensa, para proteger a los trabajadores de algún riesgo en el que la visibilidad juega un papel importante, ya sea de día o de noche. La normativa vigente exige a los trabajadores expuestos al riesgo de atropello por vehículos a llevar equipos de AV apropiados. Por lo tanto, será de uso obligatorio en las zonas de carga y descarga.

Protección contra caídas de altura

En lo referente a la protección contra caídas de altura destacaremos el uso del arnés anticaída. Se trata de un dispositivo de presión del cuerpo destinado a parar las caídas. Puede estar constituido por bandas, elementos de ajuste y de enganche y otros elementos, dispuestos y ajustados de forma adecuada sobre el cuerpo de una persona para sujetarla durante una caída y después de la parada de ésta.

Este sistema de protección individual contra caídas de altura garantiza la parada segura de una caída, de forma que la distancia de caída del cuerpo sea mínima, la fuerza de frenado no provoque lesiones corporales y que la postura del usuario, una vez producido el frenado de la caída, sea tal que permita al usuario, dado el caso, esperar auxilio.

Está formado por un arnés anticaídas y una conexión para unir el arnés anticaídas a un punto de anclaje seguro.



Figura 5.17. Dibujo de arnés anticaídas.

5.11 PRIMEROS AUXILIOS

En el *Anexo VI del Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo* (11) se recoge todo lo relativo a las disposiciones mínimas en salud.

Por una parte, los lugares de trabajo dispondrán de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores, a los riesgos a que estén expuestos y a las facilidades de acceso al centro de asistencia médica más próximo. El material de primeros auxilios deberá adaptarse a las atribuciones profesionales del personal habilitado para su prestación y se revisará periódicamente, reponiéndose tan pronto como caduque o sea utilizado.

La situación o distribución del material en el lugar de trabajo y las facilidades para acceder al mismo y para, en su caso, desplazarlo al lugar del accidente, deberán garantizar que la prestación de los primeros auxilios pueda realizarse con la rapidez que requiera el tipo de daño previsible.

Debido a esto expuesto anteriormente, se dispondrá de un local destinado a los primeros auxilios y otras posibles atenciones sanitarias. Éstos dispondrán, como mínimo, de un botiquín, una camilla y una fuente de agua potable. Estarán próximos a los puestos de trabajo y serán de fácil acceso para las camillas. Asimismo, el material y el local de primeros auxilios deberán estar claramente señalizados. Existirá un equipo especializado destinado a emergencias llamado Equipo de Primeros Auxilios (EPA).

5.11.1 Escala de cadena de auxilio

La empresa debe analizar las posibles situaciones de emergencia y determinar los recursos humanos y materiales necesarios para actuar delante de estas en coordinación con el sistema público de protección civil.

Ante una emergencia, los pasos a seguir son:

- Se debe estar tranquilo para poder actuar con rapidez.
- Examinar rápidamente el lugar del accidente y comprobar que no hay otros peligros. En caso de que los haya, eliminarlos y primero atender a los heridos más graves.
- No mover a un herido salvo que sea necesario. Se deberá trasladar con cuidado y posteriormente comprobar su estado y proporcionarle las primeras curas.
- Examinar correctamente al herido con el fin de comprobar si ha perdido el conocimiento, si respira, si tiene pulso, si sangra o presenta alguna fractura.
- Delante de una víctima que no responde, se debe pedir ayuda. A continuación, se le deben abrir las vías respiratorias y si su respiración no es normal se deberá llamar al 112.
- Tan solo debe hacerse aquello que sea imprescindible con curas simples hasta que llegue el médico.
- Mantener la temperatura corporal del herido.
- No dar comida ni bebida a una persona inconsciente ya que puede ahogarse.
- Se debe calmar y tranquilizar a la víctima diciéndole que no está sola y que se está esperando a que lleguen los servicios médicos.

- No dejar nunca solo a un accidentado.

5.11.2 PAS

Del mismo modo que se han expuesto diferentes pasos para actuar frente a una emergencia, y en resumen de esto, es importante considerar que para actuar ante situaciones de emergencia es necesario seguir la premisa **P.A.S.** (Proteger, Avisar y Socorrer) misma que se describe a continuación:

- **P de Proteger:** se debe velar por la seguridad de las personas. Hay que señalizar el lugar del accidente, eliminar posibles amenazas y tan solo desplazar al herido en caso que sea necesario manteniendo recto el eje cabeza-cuello-tronco.
- **A de Avisar:** es necesario contactar con los servicios de emergencia y proporcionarles detalles precisos sobre el siniestro (nombre y estado de los heridos, peligros que hay presentes y el lugar exacto.)
- **S de Socorrer:** prestarle al accidentado o enfermo cuidados primarios en lo que llega el personal pertinente. Aplicar las técnicas correspondientes de acuerdo al tipo de patología o enfermedad.

5.11.3 Formación de socorrismo laboral

Por socorrismo laboral se entiende un concepto global, en el que se incluirían todas las actuaciones que aparecen descritas en el art. 20 de la *Ley de Prevención de Riesgos Laborales* sobre primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores. Los primeros auxilios son una serie de actuaciones y técnicas para atender correcta y eficazmente al accidentado, con un objetivo claro: no agravar las lesiones existentes e incluso poder salvarles la vida, siempre actuando hasta la llegada del equipo profesional.

Cabe destacar la importancia de ir impartiendo cursos y formaciones periódicas para reciclarse y dominar las técnicas. En dicho apartado, destacamos 3 tipos de formaciones.

- **Formación básica:** es la formación mínima donde el socorrista debe estar capacitado para atender situaciones de emergencia médica como paradas cardiorrespiratorias, pérdidas de conocimiento, hemorragias u obstrucción de las vías respiratorias.
- **Formaciones complementarias:** dichas formaciones pretenden formar al socorrista en caso de situaciones consideradas de urgencia médica como quemadas, contusiones o fracturas, heridas o intoxicaciones entre otros.
- **Formaciones específicas:** como consecuencia de los riesgos existentes en la empresa, es conveniente ofrecer a los trabajadores una formación concreta y específica para que ante un riesgo o situación de peligro sepan atender a los posibles afectados. Rescates en ambientes tóxicos, incendios y explosivos entre otros son algunas de esas situaciones ante las cuales se proporciona formación.

5.11.4 Materiales y locales de primeros auxilios

Para ejecutar con éxito y eficiencia los primeros auxilios a los trabajadores afectados por un accidente, independientemente de si es leve o grave, es imprescindible una buena localización del local de primeros auxilios, y que este contenga el material necesario. Dependiendo de la probabilidad y gravedad de los posibles accidentes y las dimensiones de la

planta, los locales y auxiliares de primeros auxilios se distribuirán de forma que satisfagan las necesidades de la planta.

5.11.4.1 Materiales de primeros auxilios

En cuanto a lo referente de los materiales de los primeros auxilios se destacan dos grupos: el material del botiquín portátil y el material de los locales.

Botiquín

El contenido de los botiquines se limitará al mínimo establecido en el citado *anexo VI.A).3 del Real Decreto 486/1997, de 14 de abril* (11).

Por lo tanto, se deben cumplir una serie de características como que deben contener solamente el material de primeros auxilios, el contenido debe de estar ordenado, se debe repostar el material utilizado (verificando en todo momento la fecha de caducidad) y el contenido debe ser el suficiente para satisfacer las necesidades de auxilio.

En cuanto al contenido, debe haber como mínimo: unas tijeras, unas pinzas, desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, esterilizantes adhesivos (20 unidades), 2 parches oculares, 6 unidades de vendas, gasas esterilizadas, esparadrapo y guantes desechables.

5.11.4.2 Locales de primeros auxilios

Según se expone en el *anexo VI.A).5 del Real Decreto 486/1997, de 14 de abril* (11) los lugares de trabajo de más de 50 trabajadores deberán disponer de un local destinado a los primeros auxilios y otras posibles atenciones sanitarias, teniendo en cuenta la peligrosidad de la actividad desarrollada y las posibles dificultades de acceso al centro de asistencia médica más próximo.

Estos locales deben de estar equipados con todo el inmobiliario necesario para poder atender a los trabajadores accidentados. A parte del botiquín (con todos los materiales mencionados anteriormente como mínimo), los locales de primeros auxilios deben contener camillas para los pacientes y fuentes de agua potable como mínimo.

5.11.5 Primeros auxilios asociados a las sustancias de la planta

En este apartado se señalarán las diferentes acciones de primeros auxilios que se deben tomar en caso de accidente con las sustancias que se encuentran en la planta. No obstante, en el **apartado 5.17.1 Hojas de seguridad** (4) se recogen las diferentes fichas de seguridad de las sustancias con la toda la información sintetizada.

Cloruro de hidrógeno

- Inhalación: Retirarse al aire fresco y limpio y permanecer en posición de semiincorporado. Si la persona no respira dar respiración artificial. Proporcionar atención médica.
- Contacto con la piel: Aclarar con agua abundante, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo. Proporcionar asistencia médica.
- Contacto con los ojos: Enjuagar con agua abundante durante varios minutos. Proporcionar asistencia médica.
- Ingestión: La ingestión no está considerada como una vía potencial de exposición.

- Indicaciones especiales: La evaporación rápida puede producir congelación. Corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Puede producir neumonitis y edema pulmonar. Los efectos pueden no aparecer de forma inmediata.

Acetileno

- Inhalación: Retirarse al aire fresco y limpio. Si la persona no respira dar respiración artificial. Proporcionar atención médica.
- Contacto con la piel: El contacto con la piel no está considerada como una vía potencial de exposición.
- Contacto con los ojos: Enjuagar con agua abundante durante varios minutos. Proporcionar asistencia médica.
- Ingestión: La ingestión no está considerada como una vía potencial de exposición.
- Indicaciones especiales: Asfixia.

Cloruro de mercurio

- Inhalación: Retirarse al aire fresco y limpio y permanecer en posición de semiincorporado. Proporcionar atención médica.
- Contacto con la piel: Quitar la ropa contaminada. Aclarar con abundante agua o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
- Contacto con los ojos: Enjuagar con agua abundante durante varios minutos. Proporcionar asistencia médica.
- Ingestión: Enjuagar la boca. Dar a beber una papilla de carbón activado en agua. Proporcionar asistencia médica.
- Indicaciones especiales: Irrita el tracto respiratorio y corrosivo para los ojos y la piel. Corrosivo por ingestión. Puede afectar al tracto gastrointestinal y riñón, produciendo incluso la muerte. Puede afectar al sistema nervioso central y sistema nervioso periférico, produciendo perturbaciones sensoriales y de memoria, fatiga debilidad muscular y alteración renal.

Cloruro de vinilo

- Inhalación: Retirarse al aire fresco y limpio. Proporcionar atención médica.
- Contacto con la piel: En caso de congelación aclarar con agua abundante. No quitar la ropa bajo ningún concepto.
- Contacto con los ojos: Enjuagar con agua abundante durante varios minutos. Proporcionar asistencia médica.
- Ingestión: La ingestión no está considerada como una vía potencial de exposición.
- Indicaciones especiales: Irrita los ojos. Puede producir congelación. Puede afectar al sistema nervioso central. Es carcinogénico para los seres humanos.

Dicloruro de etileno

- Inhalación: Retirarse al aire fresco y limpio y permanecer en posición de semiincorporado. Si la persona no respira dar respiración artificial. Proporcionar atención médica.

- Contacto con la piel: Quitar la ropa contaminada. Aclarar con abundante agua o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
- Contacto con los ojos: Enjuagar con agua abundante durante varios minutos. Proporcionar asistencia médica.
- Ingestión: No dar nada a beber. Proporcionar asistencia médica.
- Indicaciones especiales: El vapor irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La inhalación del vapor puede originar edema pulmonar. Puede afectar al sistema nervioso central, riñón e hígado, donde lugar a alteraciones funcionales. Puede provocar dermatitis. Puede llegar a ser carcinogénico para los seres humanos.

Dibromometano

- Inhalación: Retirarse al aire fresco y limpio. Si la persona no respira dar respiración artificial. Proporcionar atención médica.
- Contacto con la piel: Quitar la ropa contaminada. Aclarar con abundante agua o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
- Contacto con los ojos: Enjuagar con agua abundante durante varios minutos. Proporcionar asistencia médica.
- Ingestión: Enjuagar la boca. Provocar el vómito siempre cuando la persona esté consciente. Proporcionar asistencia médica.
- Indicaciones especiales: Irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Puede tener efectos sobre el sistema nervioso, riñón e hígado. Puede producir dermatitis.

5.12 SEGURIDAD ELÉCTRICA

El riesgo eléctrico se trata de un riesgo que las consecuencias del cual son graves e incluso fatales. Todo lo relativo a la seguridad eléctrica viene redactado en el *Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico* (17).

Los accidentes por exposición a la electricidad provocan diferentes efectos inmediatos sobre el organismo como quemaduras, contracción muscular involuntaria, fibrilación ventricular, paro cardiaco e incluso la muerte. No obstante, también existen efectos no inmediatos como manifestaciones renales, trastornos cardiovasculares, oculares y/o auditivos.

En la planta de cloruro de vinilo, los posibles contactos con las instalaciones eléctricas con riesgo de accidente se reducen a los cuadros eléctricos que sirven para aportar energía a las instalaciones, así como las líneas de alta tensión para los equipos que necesiten este tipo de energía.

Por lo tanto, todas las personas que tengan que entrar en contacto con estas fuentes de posibles accidentes por contacto eléctrico, deberán disponer del material necesario para protegerse de cualquier cosa que pueda ocurrir. Los distintos Equipos de Protección Individual, tanto parcial o integral, referente a la seguridad eléctrica se recogen en el **apartado 5.10 Equipos de protección individual**.

5.12.1 Instalaciones eléctricas

Las características de las instalaciones eléctricas y de sus componentes se deben adaptar a las condiciones operativas de la zona de trabajo.

El contacto con las líneas eléctricas es la principal fuente de accidentes de este tipo. Existen dos formas de que éstas entren en contacto:

- Directo: Es el tipo de accidente en el que la electricidad pasa a través del cuerpo de la persona afectada. Los casos de contacto directo implican el contacto físico con los equipos en tensión como son los cables, contactos de un interruptor, etc. Es el tipo de contacto menos común y suele ocurrir únicamente cuando se manipulan instalaciones eléctricas, de forma que habrá que contemplar esta posibilidad siempre que se haga mantenimiento de dichos elementos.
- Indirecto: En estos casos la electricidad provoca quemaduras en la piel. Estos accidentes tienen lugar con el contacto con equipos que no deberían estar en tensión, pero lo están debido a algún fallo de aislamiento. Es más habitual que el caso anterior y no son tan fáciles de prevenir o identificar. Además, normalmente cuando ocurren salta la protección diferencial dejando la totalidad (o parte) de las instalaciones sin suministro eléctrico.

Por otro lado, se debe tener en cuenta las características conductoras del trabajo, materiales inflamables, ambientes corrosivos, presencia de atmósferas explosivas y cualquier clase de riesgo que presente un incremento del riesgo eléctrico. Los sistemas de protección serán sometidos a un control periódico y mantenimiento para garantizar el buen funcionamiento de los sistemas eléctricos.

En cualquier caso, las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo, su uso y mantenimiento deben de cumplir lo que establece el reglamento de electrotecnia, la normativa general de seguridad y salud sobre lugares de trabajo, equipos y señalización en el trabajo, así como cualquier otra normativa que les sea aplicable.

5.12.2 Trabajos sin tensión

Los trabajos sin tensión son trabajos en instalaciones eléctricas que se realizan después de haber tomado todas las medidas necesarias para mantener la instalación sin tensión.

Las operaciones y maniobras para dejar sin tensión una instalación, antes de iniciar el «trabajo sin tensión», y la reposición de la tensión, al finalizarlo, las realizarán trabajadores autorizados que, en el caso de instalaciones de alta tensión, deberán ser llevadas a cabo por trabajadores cualificados.

Supresión de la tensión

Una vez identificados la zona y los elementos de la instalación donde se va a realizar el trabajo, y salvo que existan razones esenciales para hacerlo de otra forma, se seguirá el proceso que se describe a continuación, que se desarrolla secuencialmente en cinco etapas, conocidas como las “5 Reglas de Oro”:

1. Desconectar.
2. Prevenir cualquier posible realimentación.
3. Verificar la ausencia de tensión.
4. Poner a tierra y en cortocircuito.

5. Proteger frente a elementos próximos en tensión, en su caso, y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo.

Hasta que no se hayan completado las cinco etapas no podrá autorizarse el inicio del trabajo sin tensión y se considerará en tensión la parte de la instalación afectada. Sin embargo, para establecer la señalización de seguridad indicada en la quinta etapa podrá considerarse que la instalación está sin tensión si se han completado las cuatro etapas anteriores y no pueden invadirse zonas de peligro de elementos próximos en tensión.

Reposición de la tensión

El proceso de reposición de la tensión comprenderá:

1. La retirada, si las hubiera, de las protecciones adicionales y de la señalización que indica los límites de la zona de trabajo.
2. La retirada, si la hubiera, de la puesta a tierra y en cortocircuito.
3. El desbloqueo y/o la retirada de la señalización de los dispositivos de corte.
4. El cierre de los circuitos para reponer la tensión.

Desde el momento en que se suprima una de las medidas inicialmente adoptadas para realizar el trabajo sin tensión en condiciones de seguridad, se considerará en tensión la parte de la instalación afectada.

5.12.3 Trabajos en tensión

Los trabajos en tensión deberán ser realizados por trabajadores cualificados, siguiendo un procedimiento previamente estudiado y, cuando su complejidad o novedad lo requiera, ensayado sin tensión.

Los trabajos en lugares donde la comunicación sea difícil, por su orografía, confinamiento u otras circunstancias, deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de primeros auxilios.

El método de trabajo empleado y los equipos y materiales utilizados deberán asegurar la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico, garantizando, en particular, que el trabajador no pueda contactar accidentalmente con cualquier otro elemento a potencial distinto al suyo. Ejemplos de equipos y materiales que se utilizaran se encuentran en el **apartado 5.10 Equipo de protección individual**, donde destacan:

- a) Los accesorios aislantes para el recubrimiento de partes activas o masas.
- b) Los útiles aislantes o aislados (herramientas, pinzas, puntas de prueba, etc.).
- c) Las pétigas aislantes.
- d) Los dispositivos aislantes o aislados.
- e) Los equipos de protección individual frente a riesgos eléctricos (guantes, gafas, cascos, ropa, etc.).

Por otra parte, los trabajadores deberán disponer de un apoyo sólido y estable, que les permita tener las manos libres, y de una iluminación que les permita realizar su trabajo en condiciones de visibilidad adecuadas. Están totalmente prohibido llevar objetos conductores (pulseras, relojes, cadenas o cierres de cremallera metálicos) que puedan contactar accidentalmente con elementos en tensión. Asimismo, la zona de trabajo deberá señalizarse y/o

delimitarse adecuadamente, siempre que exista la posibilidad de que otros trabajadores o personas ajenas penetren en dicha zona y accedan a elementos en tensión.

Es importante tomar las medidas preventivas para la realización de trabajos al aire libre, teniéndose especial atención a las posibles condiciones ambientales desfavorables, de forma que el trabajador quede protegido en todo momento. En caso de tormenta, lluvia o viento fuertes que dificulte la visibilidad o la manipulación de las herramientas se suspenderá toda actividad.

En los casos en que se realicen trabajos en alta tensión, se efectuará bajo la dirección y vigilancia de un jefe de trabajo, que será el trabajador cualificado que asume la responsabilidad directa del mismo.

5.12.4 Trabajos en emplazamientos con riesgo

La instalación eléctrica y los equipos deberán ser conformes con las prescripciones particulares para las instalaciones de locales con riesgo de incendio o explosión indicadas en la reglamentación electrotécnica. En cuanto a los trabajos en emplazamientos con riesgo destacamos los realizados en zonas con riesgo de incendio y/o explosión.

Los trabajos en instalaciones eléctricas en emplazamientos con riesgo de incendio o explosión se realizarán siguiendo un procedimiento que reduzca al mínimo estos riesgos. Para ello se limitará y controlará, en lo posible, la presencia de sustancias inflamables en la zona de trabajo y se evitará la aparición de focos de ignición. En tal caso queda prohibida la realización de trabajos u operaciones (cambio de lámparas, fusibles, etc.) en tensión.

Antes de realizar el trabajo, se verificará la disponibilidad, adecuación al tipo de fuego previsible y buen estado de los medios y equipos de extinción. Si se produce un incendio, se desconectarán las partes de la instalación que puedan verse afectadas, salvo que sea necesario dejarlas en tensión para actuar contra el incendio, o que la desconexión conlleve peligros potencialmente más graves que los que pueden derivarse del propio incendio.

Del mismo modo y como ya se ha expuesto anteriormente, los trabajos los llevarán a cabo los trabajadores autorizados. En caso de llevarse a cabo en atmósferas explosivas, lo realizarán trabajadores cualificados, siguiendo un procedimiento previamente estudiado.

5.13 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Todo lo relativo a la protección contra incendios viene recogido en el *Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales* (18). Todas las medidas contra incendios implementadas en la planta de producción de cloruro de vinilo se han realizado acorde a lo estipulado en dicho *Real Decreto*.

El fuego se define como una manifestación de una oxidación rápida con elevación de la temperatura y conlleva emisión de luz. El oxígeno 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, se clasifican las reacciones en función de su velocidad de reacción:

- Reacción de oxidación si es lenta.
- Reacción de combustión si es rápida.
- Reacción de deflagración si es muy rápida.
- Reacción de explosión si es instantánea.

Es por esto por lo que los incendios están estrechamente ligadas a las explosiones.

Para que las materias en estado normal actúen como reductores, es decir como combustibles, necesitan que se les aporte una cantidad determinada de energía para liberar sus electrones y compartirlos con los más próximos de oxígeno. A este fenómeno se le conoce como *energía de activación* y se proporciona desde el exterior por un foco de ignición, o también calor. Al tratarse de una reacción exotérmica, esta energía propia es suficiente para liberar más electrones, originándose así una reacción en cadena, propagándose así el fuego. En el **apartado 5.13.3 Triángulo y tetraedro del fuego** se tratará más a fondo.

5.13.1 Clasificación de incendios

Paso previo a hacer referencia a las clases de incendios y sus características es necesario establecer las diferencias entre fuego e incendio.

Como se ha comentado anteriormente, cabe definir que incendio se trataría del accidente, el cual se quiere evitar a toda costa, que viene producido por el riesgo de fuego, el cual se trataría de la causa.

En cuanto a los tipos de fuegos, cabe destacar cinco:

- Clase A: fuegos generados o producidos por combustibles sólidos (madera, cartón, plástico, etc.). Estos retienen el oxígeno en su interior formando brasas, caracterizándose como los llamados fuegos profundos.
- Clase B: fuegos generados o producidos por combustibles líquidos (aceite, gasolina, algunos plásticos o pintura). Estos se caracterizan por el hecho de que solo arden en su superficie, la cual está en contacto con el aire.
- Clase C: fuegos generados o producidos por combustibles gaseosos (butano, propano, gas natural, gas ciudad, etc.)
- Clase D: constituyen fuegos más raros, generados o producidos por metales combustibles, tales como magnesio, sodio o aluminio en polvo, entre otros. El tratamiento para extinguir estos fuegos debe ser minuciosamente estudiado, pero con seguridad pueden utilizarse arenas secas muy finas.
- Clase E: en realidad no constituyen una clase específica de fuego, ya que a este grupo quedan incluidos cualquier combustible que arde en presencia de cables o equipos eléctricos bajo tensión. No obstante, en caso de no considerarse una clase, correspondería a la clase A o B según el tipo de plástico que está ardiendo.

5.13.2 Clasificación de las áreas según riesgo de incendio

La clasificación de las áreas según el riesgo de incendio de la planta de producción de cloruro de vinilo se ha realizado, como ya se ha comentado anteriormente, acorde con el *Real Decreto 2267/2004* (18).

Los establecimientos industriales se caracterizarán por:

- Su configuración y ubicación con relación a su entorno.
- Su nivel de riesgo intrínseco.

5.13.2.1 Peligro de las áreas según configuración y ubicación

Se entiende por establecimiento industrial el conjunto de edificios, instalación o espacio abierto de uso industrial o almacén.

Así como dispone el *Real Decreto 2267/2004* (18), la configuración de los establecimientos industriales se puede reducir a dos tipos: los ubicados dentro de un edificio o al aire libre.

Establecimientos industriales ubicados en un edificio

Los establecimientos industriales ubicados en un edificio pueden ser de tres tipos: A, B o C.

- Tipo A: El establecimiento industrial ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos, ya sean estos de uso industrial ya de otros usos.

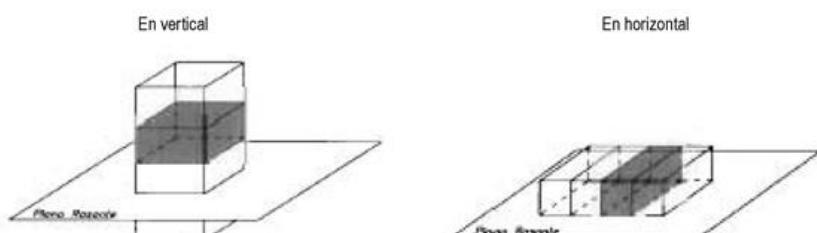


Figura 5.18. Tipo A.

- Tipo B: El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio que está adosado a otro u otros edificios, o a una distancia igual o inferior a tres metros de otro u otros edificios, de otro establecimiento, ya sean estos de uso industrial o bien de otros usos.

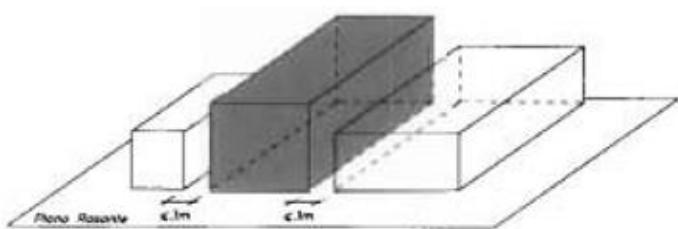


Figura 5.19. Tipo B.

- Tipo C: El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.

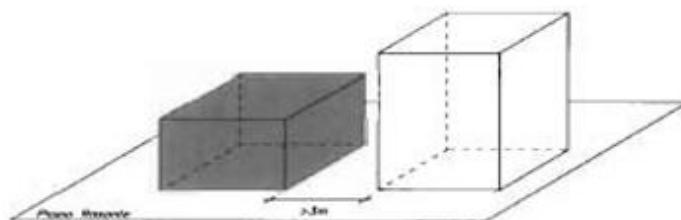


Figura 5.20. Tipo C.

Establecimientos industriales ubicados al aire libre

Los establecimientos industriales ubicados al aire libre pueden ser de dos tipos: D o E.

- **Tipo D:** El establecimiento industrial ocupa un espacio abierto, que puede estar totalmente cubierto, alguna de cuyas fachadas carece totalmente de cerramiento lateral.

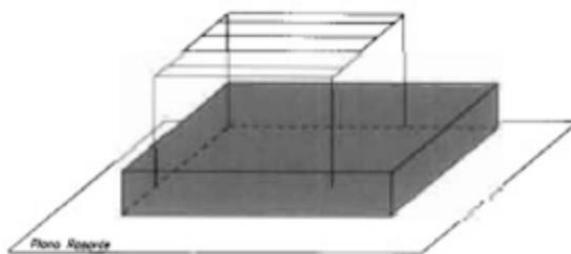


Figura 5.21. Tipo D.

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

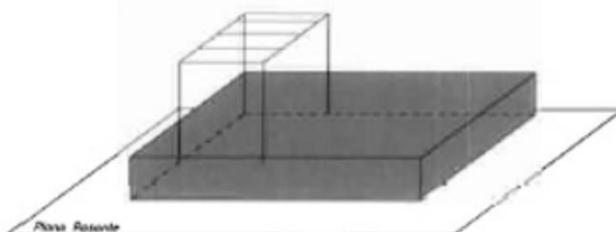


Figura 5.22. Tipo E.

Expuesto las diferentes configuraciones de los establecimientos industriales existentes, se designará para cada un área de la planta un tipo de configuración.

Tabla 5.7. Configuraciones de las diferentes áreas.

Área	Tipo configuración
200-300-400-500-700-800-900-1000-1100-1200-1300-1500	Tipo C
100-600	Tipo D
1400	Tipo E

5.13.2.2 Peligro de las áreas según su nivel de riesgo intrínseco

El nivel de riesgo 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 a partir de las siguientes expresiones:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} S_i C_i}{A} \cdot R_a \quad [\text{MJ/m}^2 \text{ o } \text{Mcal/m}^2] \quad (5.12-1)$$

donde:

- Q_s es la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, expresada en MJ/m^2 o Mcal/m^2 .
- q_{si} es la masa, expresada en kg de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluyendo los materiales constructivos combustibles). Para ello se usará la masa existente por día de producción.
- S_i es el poder calorífico, en MJ/kg o Mcal/kg de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio
- C_i es el coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad en función de la combustibilidad de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.
- R_a es el coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad debido a la activación inherente a la actividad industrial que se desarrolla.
- A superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio en m^2 .

Si la actividad es producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento, es decir, en el caso de las actividades que se realizan en las instalaciones, la expresión para dicho cálculo sería la **ecuación 5.12-1**. Para el cálculo de la densidad de carga de fuego correspondiente a las actividades de almacenamiento, se utilizaría una ecuación alternativa a la **ecuación 5.12-1**. No obstante, debido a que no se han encontrado valores del coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad debido a la activación inherente a la actividad industrial que se desarrolla (R_a) para los casos de almacenamiento, no se ha presentado dicha ecuación.

Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación (R_a) el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10% de la superficie del sector o área de incendio.

Por una parte, el valor del coeficiente C_i , se puede obtener de la tabla del Catálogo CEA de productos y mercancías o de otras tablas, siempre que estas sean de fuentes adecuadas y fiables. Por lo tanto, y según el *Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales* (18), se presenta la **tabla 5.5** referente a los valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad (C_i).

Tabla 5.8. Valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad (Ci) según el Real Decreto 2267/2004.

Peligrosidad	ALTA	MEDIA	BAJA
Características	Líquidos de clase A, según APQ1. Líquidos de subclase B1, según APQ1. Sólidos capaces de iniciar combustión a $T < 100^{\circ}\text{C}$. Posibilidad de formar mezclas explosivas con el aire a T° ambiente. Posibilidad de iniciar combustión espontánea en el aire a T° ambiente.	Líquidos clasificados como subclase B2, según APQ1. Líquidos clasificados como clase C, según APQ1. Sólidos que comienzan ignición a $100^{\circ}\text{C} < T^{\circ} < 200^{\circ}\text{C}$. Sólidos que emiten gases inflamables.	Líquidos clasificados como clase D, según APQ1 Sólidos que comienzan ignición a $T^{\circ} > 200^{\circ}\text{C}$.
Valor Ci	1.60	1.30	1.00

Por lo tanto, y basándonos en la tabla anterior, se clasificarán todas las sustancias presentes en la planta de producción de cloruro de vinilo. Se presenta la **tabla 5.6** con dicha clasificación.

Tabla 5.9. Clasificación de las sustancias en función de la peligrosidad presentes en la planta.

Sustancia	Características	Peligrosidad	Ci
Acetileno	Líquidos de clase A, según APQ1.	ALTA	1.60
Cloruro de vinilo	Líquidos de clase A, según APQ1	ALTA	1.60
1,2 Dicloroetano	Líquidos de subclase B1, según APQ1.	ALTA	1.60
Cloruro de mercurio	NO INFLAMABLE	-	-
Cloruro de Hidrógeno	NO INFLAMABLE	-	-
Dibromometano	No inflamable en condiciones estándar. Se considera NO INFLAMABLE.	-	-

Como se puede observar en la **Tabla 5.6**, la peligrosidad que presentan las sustancias químicas en la planta es elevada.

Otro factor a tener en cuenta es el poder calorífico. En la **Tabla 5.7** se recogen los diferentes poderes caloríficos (Si) (19) (20).

Tabla 5.10. Poder calorífico (Si) de las diferentes sustancias inflamables.

Sustancia	Poder calorífico (MJ/kg)
Acetileno	49,923
Cloruro de vinilo	16,860
1,2 Dicloroetano	12,570

Debido a que no se han encontrado valores del coeficiente adimensional (Ra) para el cálculo de la densidad de carga de fuego de las áreas destinadas a almacenamiento, como se ha dicho anteriormente, solo se calculará la densidad de carga de fuego de las áreas del proceso (200-500). Las superficies de dichas áreas son las siguientes:

Tabla 5.11. Superficie en m^2 de cada área de la planta.

Área	Superficie (m^2)	Ra
200	2100	2
300	2200	1
400	2100	1
500	2100	1

Con los datos expuestos anteriormente y juntamente con la **ecuación 5.12-1**, se obtienen los valores de densidad de carga de fuego para las áreas expuestas anteriormente.

Tabla 5.12. Densidad de carga de fuego para las áreas de producción.

Qs (MJ/m^2)		Riesgo intrínseco del sector	Máxima superficie admisible construida (m^2)
200	659,854541	Bajo. Nivel 2.	6000
300	759,448295	Bajo. Nivel 2.	6000
400	1193,41875	Medio. Nivel 3.	5000
500	1193,41875	Medio. Nivel 3.	5000

Como se puede ver en la **tabla 5.10** las áreas 200 y 300 están dentro del límite, por lo tanto, la configuración de tipo C es adecuada y está dentro de la normativa vigente. Las áreas de descarga y carga (100 y 700) de productos químicos, reactivos, productos y catalizador, debido a su baja superficie y a su alta carga de fuego que comportaría, serán de configuración tipo D como ya se ha comentado anteriormente, la cual disminuye el riesgo intrínseco de incendio, que a su vez facilitaría el acceso de las medidas contraincendios en caso de incendio. El área 1400 correspondiente al parking será de tipo E, así como las áreas 500 y 600. Por último, las demás áreas serán de tipo C, debido a que no existe riesgo de incendio de forma excepcional.

5.13.3 Triangulo y tetraedro del fuego

El fuego no puede existir sin la conjunción simultánea de tres factores, conocidos como triangulo de fuego:

- Combustible: cualquier materia capaz de arder. Ya pueden tratarse de sólidos (madera, papel o algodón), líquidos (gasolina, queroseno o disolventes), gaseosos (butano, metano, hidrógeno, etc.) o metales (magnesio, titanio, litio, etc.)
- Comburente: sustancia que en combinación con el combustible favorece o permite la combustión. El más común es el oxígeno presente en el aire y que se encuentra en una proporción del 21%. También pueden ser otros que actúen como tal en ausencia de oxígeno, como pueden ser el clorato potásico o el nitrato de potasio.
- Calor: referida a la energía mínima necesaria para iniciar el proceso de reacción química, también llamado fuente de ignición.

A cada uno de estos elementos se les suele representar geométricamente en cada lado del triangulo. El fuego dejaría de existir si le faltara uno de ellos.

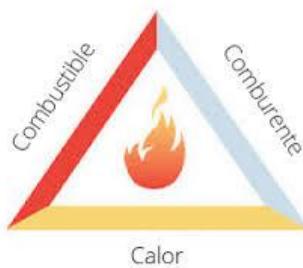


Figura 5.23. Triángulo del fuego.

No obstante, para que se mantenga la combustión es necesario un cuarto elemento, llamado 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.

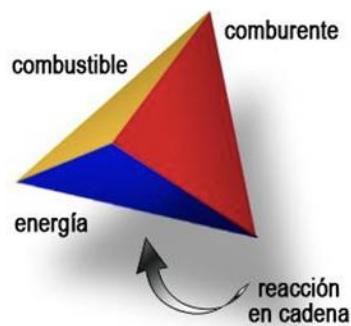


Figura 5.24. Tetraedro de fuego.



5.13.4 Acciones de extinción

Como bien se ha comentado anteriormente, si alguno de los elementos fundamentales para que exista el fuego desapareciese, éste se extinguiría. Por lo tanto, en función del elemento del tetraedro que desaparezca se producirán distintas acciones o formas de extinción de un incendio.

- **Dilución o desalimentación:** cuando el combustible desaparece del tetraedro. Teóricamente es el método más eficaz y directo de extinción, pero en la práctica raramente se aplica por su complejidad.
- **Sofocación o inertización:** cuando el comburente desaparece del tetraedro. 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 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.
- **Inhibición o Rotura de la reacción en cadena:** cuando la reacción en cadena es interrumpida o se rompe por medio de compuestos químicos que reaccionan con los distintos componentes de los vapores combustibles neutralizándolos.

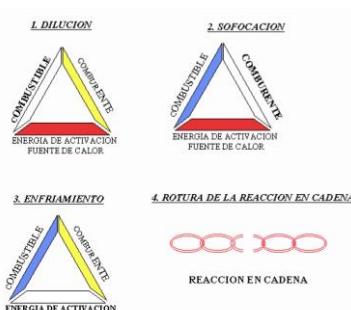


Figura 5.25. Acciones de extinción aplicadas al triángulo de fuego.

5.13.5 Fuentes, causas y tipos de fuego en la planta

Como ya se ha comentado anteriormente, la ocurrencia de fuego y explosión están estrechamente relacionadas. Se presentarán las posibles fuentes combustibles, de ignición y comburentes presentes en la planta, así como las principales causas por las que un incendio y/o explosión tiene lugar.

5.13.5.1 Fuentes combustibles

Cualquier cosa que pueda quemarse es un combustible potencial para un incendio o, en algunos casos, una explosión en la planta. Entre otros, estas fuentes incluyen:

- Papel (incluyendo los documentos almacenados).
- Cartón.
- Plásticos (incluidos los medios eléctricos, envases, etc.).
- Madera de los palets.
- Aceites minerales y grasas.
- Basura y otros materiales de deshecho.
- Productos químicos. Por ejemplo, acetileno, cloruro de vinilo o 1,2 dicloroetano.

5.13.5.2 Fuentes de ignición.

Una fuente de ignición es una fuente de energía que, en caso de entrar en contacto con una sustancia combustible y de estar en presencia de una concentración de oxígeno suficiente, puede producir un incendio. Estas fuentes de ignición pueden incluir:

- Equipamiento y maquinaria eléctrica y mecánica.
- Chispas eléctricas y superficies calientes de los aparatos eléctricos y sistemas de distribución.
- Cortocircuitos y falladas de toma a tierra de aparatos eléctricos y de sistemas de distribución.
- Motores de combustión interna (sistemas de escape, las entradas de aire caliente y/o superficies).
- La fricción.
- Fuentes naturales como las descargas electroestáticas y relámpagos.
- Materiales de los fumadores, por ejemplo, cigarrillos, encendedores y cerillas.

5.13.5.3 Fuentes comburentes.

Aunque existen muchas fuentes comburentes, la principal fuente de oxígeno para un incendio o explosión en general es el que se encuentra en el aire. Es importante disponer de un sistema de ventilación que atraiga aire alrededor de los funcionamientos en las zonas con un mayor riesgo de incendio si fuera necesario.

5.13.5.4 Causas de fuego y explosión.

Entre las causas principales de incendio y explosión destacan:

- Corriente eléctrica: cables en mal estado, falta de mantenimiento en las maquinas o en el sistema eléctrico.
- Electricidad estática: generada por la fricción.
- Superficies calientes.
- Trabajo caliente: como chispas procedentes de soldadura o llamas abiertas.
- Relacionado con fumar.
- Líquidos inflamables.
- Falta de aseo y orden.

5.13.5.5 Tipos de fuego.

Los tipos de incendios más conocidos se son:

- Incendio de charco o “pool fire”. Consiste en la combustión estacionaria de un líquido inflamable en un recinto descubierto. Consiste en un incendio sin riesgo de explosión.
- Llamarada o “flash fire”. Incendio provocado por un escape de vapores o gases inflamables en condiciones atmosféricas, por un agujero, una válvula o cañería seccionada. Permite la fuga.
- Dardo de fuego o “jet fire”. Incendio provocado por un escape turbulento de vapores o gases inflamables a presión, por un agujero, una válvula o cañería seccionada. Consiste en una llama estacionaria (constante) de gran longitud y poca anchura hasta acabar agotar el combustible.

- Bola de fuego o “fire ball”. Corresponde a un caso de fuga instantánea e ignición casi inmediata.

5.13.6 Detectores de incendio

Existen diversas formas de detectar un incendio: la detección humana, la detección automática por una instalación y la detección por sistemas mixtos.

La elección del sistema de detección de incendio vendrá condicionada por diversos factores como la pérdida de vidas humanas o material, la posibilidad de vigilancia constante y total por personas, la rapidez y fiabilidad requerida, la coherencia con el resto del plan de emergencia y, finalmente por su coste económico.

Hay ocasiones en que los factores de decisión están limitados, ya que puede tratarse de un lugar donde raramente entran personas o de un lugar inaccesible. En estos casos, la detección humana queda descartada y, por tanto, la detección del incendio quedaría limitada a instalar detección automática.

5.13.6.1 Detección humana

La detección de tipo humana recae sobre las personas. Durante el día, si hay presencia continuada y suficiente de personas, la detección del incendio será rápida y quedará asegurada en todas aquellas zonas o áreas que sean visibles. Durante la noche, la tarea de detección se confía al servicio de vigilante(s) mediante rondas estratégicas cada cierto tiempo si es que resulta necesario.

Se caracteriza por una rapidez de detección baja, junto con la obligación de una elevada formación del servicio de vigilantes.

5.13.6.2 Detección automática

La detección automática de incendios permite la localización del incendio, así como la puesta en marcha de manera instantánea de aquellas secuencias del plan de alarma incorporadas a la central de detección.

En general, la rapidez de detección automática es superior a la detección humana, a la vez que este tipo de detecciones permiten controlar y detectar fuego en zonas inaccesibles para las personas.

Normalmente la central está supervisada por un vigilante en un puesto de control, si bien puede programarse para actuar automáticamente si no existe esta vigilancia o si el vigilante no actúa correctamente según el plan preestablecido (plan de alarma programable). En la planta de producción de cloruro de vinilo, todas las detecciones automáticas de incendios serán supervisadas en la sala de control (área 1600).

El sistema debe poseer seguridad de funcionamiento por lo que necesariamente debe autovigilarse. Además de una correcta instalación, debe tener cierta capacidad de adaptación a los cambios.

Los sistemas de detección automática se componen por:

- **Detectores automáticos:** elementos que detectan el fuego a través de alguno de los fenómenos que le acompañan: gases, humos, radiación o temperatura.

- Gases: pueden ser visibles o invisibles. Cuando los gases de combustión modifican la corriente de la cámara donde se produce el incendio se establece una variación de tensión entre cámaras que da la señal de alarma.
 - Humos: se basan en la absorción de luz de los humos derivados de la combustión durante el fuego en la cámara de medida del aparato (oscurcimiento), o también en la difusión de luz por los humos (efecto Tyndall).
 - Radiaciones: detectan las radiaciones infrarrojas o ultravioletas que acompañan a las llamas. Contienen filtros ópticos, célula captadora y equipo electrónico que amplifica las señales. Son de construcción muy complicada. Requieren mantenimiento similar a los detectores de humos.
 - Temperatura: hay dos tipos de detección automática de incendios por temperatura: la fija y la termovelocimétrica. Los de temperatura fija son los más antiguos y actúan cuando el detector alcanza una determinada temperatura mientras que los de temperatura termovelocimétrica miden la velocidad de crecimiento de la temperatura.
- **Pulsadores manuales:** los pulsadores de incendios manuales se emplean para activar de forma manual las alarmas en caso de riesgo de incendio.
 - **Central de señalización y mando a distancia:** unidad electrónica que monitorea dispositivos de detección de incendio y activa los dispositivos de notificación de alarma apropiados y otros dispositivos auxiliares acorde con las instrucciones programadas previamente.
 - **Líneas.**
 - **Aparatos auxiliares:** alarma general, teléfono directo a bomberos, accionamiento de sistemas de extinción, etc.

5.13.7 Agentes extintores

Una vez explicada la anatomía del fuego, las clases de fuego según el tipo de combustible y las diversas formas de extinción, será más fácil la elección del agente extintor a utilizar, lógicamente conociendo previamente los efectos de estos sobre el fuego y sus propiedades.

5.13.7.1 Agua

Es el agente extintor más barato, más abundante y de más fácil manejo, además del más utilizado. Los efectos de extinción contra el fuego son:

- Enfriamiento: Es el principal mecanismo de extinción y se potencia pulverizando el agua lo máximo posible.
- Inertización: Al vaporizarse el agua y aumentar mucho de volumen reduce ostensiblemente la concentración de oxígeno en las proximidades del combustible.
- Dilución: Se utiliza para extinguir líquidos hidrosolubles.
- Sofocación: Aunque de difícil aplicación en fuegos de líquidos insolubles en agua se aplica pulverizando una capa sobre la superficie para evitar el contacto de combustible con comburente.

En cuanto a la forma de aplicarse sobre un incendio destacamos a chorro, pulverizada o de forma nebulizada.

5.13.7.2 Espumas

La espuma se utiliza como agente extintor 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 del aire y extinguiendo el fuego por sofocación.

Existen dos formas de generación de la espuma:

- Espuma química: en desuso tanto por su difícil manejo como por los componentes nocivos a partir de los cuales está formada, solución de sal alcalina.
- Espuma física: está formada al mezclar en agua una proporción de entre un 3% a un 6%, un concentrado líquido espumante, llamado espumógeno.

5.13.7.3 Polvo químico seco

Es un agente extintor 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.

5.13.7.4 Anhídrido carbónico o CO₂

Agentes extintores con un gran poder de extinción sobre fuegos superficiales. Es muy eficaz cuando se desea sofocar un fuego producido sobre equipos o cables eléctricos bajo tensión, ya que no son conductores. Los gases o vapores extintores son más pesados que el aire y apagan el fuego por sofocación desplazando el oxígeno del aire.

Se presenta la **tabla 5.11** en la que se recogen los diferentes agentes extintores junto con el tipo de fuego, a fin de sintetizar mejor la información.

Tabla 5.13. Uso de diferentes extintores en función 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 (peligroso)
Espuma física	Adecuado	Adecuado. No 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		Tensiones inferiores a 1000 V

Anhídrido carbónico (CO ₂)	Aceptable, para fuegos pequeños	Aceptable, para fuegos pequeños	Nulo	Nulo	Aceptable
--	---------------------------------	---------------------------------	------	------	-----------

5.13.8 Protección activa contra incendios

La protección activa contra incendios es el conjunto de medios, equipos y sistemas instalados para alertar sobre un incendio e impedir que éste se propague evitando las pérdidas y daños producidos por el fuego. Aunque ya se han especificados algunos en los apartados anteriores, se presentaran todos.

Sistemas de detección y alarmas de incendio

Está compuesto por elementos capaces de detectar el incendio sin intervención humana emitiendo una señal que activa la alarma para que los ocupantes de las instalaciones tengan tiempo de evacuar y evitar daños personales.

Extintores

Herramienta combativa contra un incendio en su inicio. Con ellos podemos evitar que un fuego se propague y se transforme en un incendio peligroso. Los extintores deberán de ir siempre colgados a una altura máxima de 1,70 metros, contando como parte superior la válvula de accionamiento y la maneta. En función de su capacidad se destacan:

- Manuales: no exceden los veinticinco 25 kg (equipo y accesorios más agente extinguidor) y pueden ser transportados por una persona.
- Sobre ruedas: exceden de los veinticinco 25 kg y por su dimensión y peso deben poseer ruedas para poder ser transportados.



Figura 5.26. Extintor.

Bolas de incendio equipadas (B.I.E.)

Instalación semifija de extinción de incendios que utiliza agua de la red de abastecimiento como agente extintor. Éstas se encuentran en toda la planta repartidas de forma estratégica con tal de disponer de ellas con facilidad en caso de necesidad y se encuentran junto a las puertas. Junto a éstas se instalarán también pulsadores manuales para poder notificar la presencia de un incendio.

Las bocas de incendio más utilizadas suelen ser las BIE de 25 y 45mm. Las características más destacadas de cada tipo de estos equipos contra incendios son las siguientes:

- BIE-25 (25mm): Se trata de mangueras de 1" que se encuentran enrolladas. La manguera es redonda y tiene una longitud aproximada de entre 15-25 metros.

Este equipo proporciona aproximadamente 1,6 L/s (5,76 m³/h). Serán ubicadas en las áreas con un mínimo riesgo de incendio.

- **BIE-45 (45mm)**: Se trata de mangueras de tela y se encuentra plegada. Su diámetro es de 45 mm y para utilizarla se tiene que extender unos 20 metros. Proporciona un caudal de aproximadamente 3,3 L/s (11,88 m³/h). Serán ubicadas en áreas con mayor riesgo de incendio, como son las áreas correspondientes al proceso (100-600).

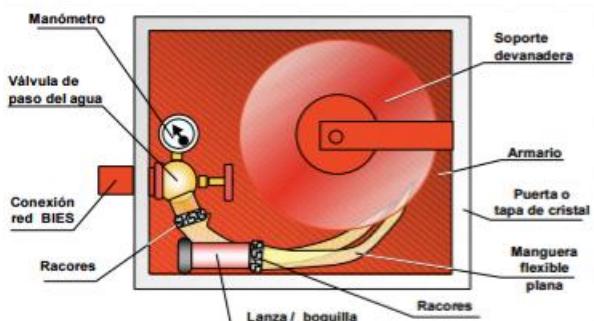


Figura 5.27. Bocas de incendio equipadas.

Hidrantes

Equipo que suministra 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. Éstos tienen un radio de actuación de 4 metros

Existen dos tipos:

- Hidrantes de columna seca: el hidrante se vacía automáticamente tras su utilización, protegiéndolo de daños por heladas. Incorpora un sistema anti rotura, que asegura la estanqueidad en caso de rotura por impacto. Se dispondrá de éstos en las proximidades del área de proceso.
 - Hidrante de columna húmeda: Tiene válvulas individuales, que permiten el uso independiente de cada una de las bocas contra incendios.



Figura 5.28. Hidrante de columna seca y húmeda.

Sistemas fijos de extinción

Compuesto por sistemas de extinción por polvo, rociadores de agua, agua pulverizada, extinción por espuma y extintores gaseosos. Estos sistemas funcionan detectando determinadas

temperaturas o con la presencia de humo liberando así, dependiendo del sistema, agua a presión, espuma o gases.



Figura 5.29. Diferentes sistemas fijos de extinción.

Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios

Tienen como objetivo asegurar, en caso de emergencia, que el sistema va a funcionar con el caudal y presión requerido mientras duren las operaciones de lucha contra el fuego. Consiste en una fuente de suministro, red de tuberías, válvulas y puntos de descarga, que se mantienen con agua a presión permanente. Dicho sistema de abastecimiento deberá satisfacer una reserva de agua para garantizar el caudal requerido por el sistema durante un tiempo mínimo de 60 minutos.

Racores, lanzas y mangueras

Se tratan de accesorios utilizados a la hora de combatir el fuego. Las mangueras se conectarían a los hidrantes y las lanzas a las mangueras. Si estas no llegaran a la zona de incendio, se dispondría de racores para empalmar diferentes tramos de manguera.



Figura 5.30. Racores, lanzas y mangueras.

Sistemas especiales

Los sistemas especiales de detección de incendios pueden acoplarse a los sistemas de detección existentes. Su tecnología hace que se consideren especiales. Algunos ejemplos son los sistemas de cámara de niebla, detector lineal de humos y detector de llama, entre otros.

Equipos y accesorios de defensa contra incendios

Se trata del vestuario, equipos de respiración autónoma (E.R.A.), sistemas de simulación de incendio y equipos de alta presión utilizados en la lucha contra el fuego.

Sistemas de evacuación por voz

Se trata de hacer llegar la alarma por mensajes sonoros, los cuales incluyen instrucciones que contribuyen a mantener la calma y a desalojar un edificio de forma ordenada y rápida en caso de emergencia.

5.13.9 Protección pasiva contra incendios

La protección pasiva contra incendios constituye 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 ponga en peligro la vida de las personas y bienes.

Sistemas de protección pasiva

Destacan tres:

- Pinturas intumescentes: al entrar en contacto con el fuego, esta pintura se hincha y se carboniza, formando una barrera aislante que protege la estructura.
- Ignifugación de las zonas: instalar todos los elementos necesarios en un edificio para que éste no arda.
- Recubrimientos proyectados y de placas: recubrimientos con un material inerte al fuego y con alto coeficiente de aislamiento térmico.

Soluciones de protección pasiva

Sectorizar el espacio con la finalidad de delimitar un área concreta de otras zonas mediante elementos constructivos resistentes al fuego, en el interior de la cual se puede confinar el incendio para que no se pueda propagar a otra parte de la construcción. Se destaca:

- Protección de estructuras metálicas.
- Divisiones y compartimentaciones.
- Conductos de ventilación.
- Sellado de huecos (sellado de pasos de cables, sellado de pasos de tuberías combustibles y no combustibles, sellado de juntas).
- Protección de bandejas de cables.

Puertas y cortinas cortafuego

Las puertas y cortinas cortafuegos impiden que las llamas avancen e impedir así que el incendio se propague.

Señalización

Incluye las señales de seguridad (advertencia, prohibición y obligación) para extinción y evacuación en caso de incendio, así como los balizamientos de suelos, paredes y escaleras. Puede consultarse todas las señales en el **apartado 5.6 Señalización**.

5.13.10 Protección con extintores

De acuerdo con el Real Decreto, se instalará un extintor como mínimo cada 200 m². Por otra parte, el emplazamiento de los extintores portátiles de incendio permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio y su distribución será tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor, no supere 15 m.

Los extintores que se encuentran en la parte del proceso se dispondrán de manera que siempre queden a la izquierda de la entrada de la zona delimitada para facilitar la ubicación y se pueda tratar de sofocar el fuego lo antes posible. En las áreas de mayor riesgo de incendio, como las áreas de descarga, carga y almacenamiento, área 100, 700 y 600 respectivamente, se

dispondrá además de extintores móviles sobre ruedas de 50kg de polvo químico seco ABC. No se deberá recorrer más de 10 metros de la para la utilización de éstos en dichas áreas.

En las áreas donde haya transformadores eléctricos, especialmente en el área servicios (800) y en los laboratorios (área 1300), se utilizarán extintores de dióxido de carbono de 5 kg cada uno, ya que no malmeten los equipos i no son conductores de la electricidad.

Para el resto de las áreas, como oficinas (900), Seguridad y medio ambiente (1200) y parking (1400), se colocarán extintores de polvo ABC.

5.13.10.1 Identificación, inspección y mantenimiento de los extintores

Según la *NTP 536*, todos los extintores de la planta deben de estar correctamente etiquetado e identificados con la información imprescindible. En la **figura 5.31** se encuentra una placa de identificación siguiendo todas las normas. En ella se puede ver el nombre del organismo autonómico, el número de registro, la presión de diseño entre otros detalles (21).

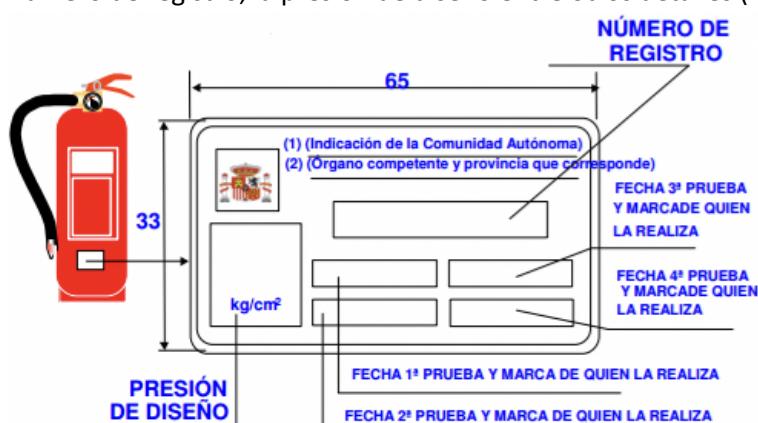


Figura 5.31. Placa de identificación de los extintores.

Los extintores que contienen gases licuados (por ejemplo, los extintores de anhídrido carbónico) deben llevar grabado la información del extintor directamente en la botella y no necesita la placa de identificación.

Es muy importante realizar las revisiones periódicas trimestrales y anuales a los extintores para garantizar su funcionamiento y, en caso necesario de uso, estar seguros que éstos satisfarán las necesidades correctamente.

Cada tres meses se deberán realizar las siguientes revisiones:

- Comprobación de la accesibilidad, señalización, buen estado aparente de conservación.
- Inspección ocular de seguros, precintos, inscripciones, etc.
- Comprobación del peso y presión en su caso.
- Inspección ocular del estado externo de las partes mecánicas (boquilla, válvula, manguera, etc.).

Por otra parte, anualmente deberá llevarse a cabo:

- Comprobar la buena accesibilidad al extintor, el buen estado aparente de conservación, los seguros, precintos de seguridad, inscripciones, manguera, etc.
- Comprobar el estado de carga del extintor (peso y presión) y del botellín de gas impulsor, si existe.

- Inspeccionar ocularmente del estado de la manguera, boquilla o lanza, válvulas y partes mecánicas.

Por otra parte, cada cinco años a partir de la fecha de timbrado del extintor, se deberá retimbrar acorde con la *ITC-MIE AP.5 del Reglamento de aparatos a presión sobre extintores de incendios* ya que la vida útil de estos equipos es de 20 años. Este proceso consiste en efectuar una prueba de presión hidráulica del recipiente, asegurando su estanqueidad y resistencia.

5.14 PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIONES

Todo lo relativo a atmosferas explosivas viene recogido en el *Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo* (5).

Como ya se ha comentado anteriormente, las explosiones y los incendios están estrechamente relacionados, ya que las sustancias inflamables en forma de gases al mezclarse con el aire, en las condiciones atmosféricas, y tras una ignición, generaría una combustión que se propagaría a la totalidad de la mezcla no quemada. Una explosión se puede definir como una liberación repentina de energía, que genera una onda de presión que se desplaza alejándose de la fuente mientras va disipando energía.

5.14.1 Clasificación de explosiones

Cuanto a la clasificación de explosiones, existen dos tipos: de carácter físico y químico. En la **figura 5.32** se presenta la clasificación de las explosiones.



Figura 5.32. Clasificación de explosiones.

Todo lo relativo a las clasificaciones de las explosiones puede consultarse en el **apartado 5.5.2 Riesgo de explosión**.

5.14.2 Clasificación de las áreas según riesgo de explosión

Se consideran áreas de riesgo de explosión, aquellas áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores afectados. Como ya se ha expuesto anteriormente, las sustancias inflamables o combustibles se considerarán sustancias

capaces de formar atmósferas explosivas cuando mezcladas con el aire, son capaces por sí solas de propagar una explosión.

Las áreas de riesgo se clasificarán en zonas teniendo en cuenta el tipo de sustancia que origina la atmósfera explosiva, la frecuencia con que se produzcan atmósferas explosivas y su duración, siendo

- Zona 0: Área de trabajo en la que una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla está presente de modo permanente, o por un período de tiempo prolongado, o con frecuencia.
- Zona 1: Área de trabajo en la que es probable, en condiciones normales de explotación, la formación ocasional de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla.
- Zona 2: Área de trabajo en la que no es probable, en condiciones normales de explotación, la formación de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla o en la que, en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo permanece durante breves períodos de tiempo.

Clasificación exterior

Se clasificarán las zonas exteriores en función del riesgo de explosión que pueden comportar, con la finalidad de delimitar las zonas donde se puede ocasionar una atmósfera explosiva.

Debido a la no existencia de productos de naturaleza polvo inflamables o explosivos, no se tendrá en cuenta al realizar la clasificación.

Zona 2

- Proximidades a venteos de camiones con líquidos inflamables.
- Proximidades a bombas que manipulan líquidos a presión moderada con carácter inflamable.
- Proximidades a la zona de carga y descarga.
- Exterior de reactores.
- Exterior de tanques de almacenamiento de cloruro de vinilo.
- Proximidades de tomas de muestras, filtros, purgas, bocas de hombre abiertos.

Zona 1

- Alrededor de venteos de camiones con líquidos inflamables.
- Alrededor de la zona de carga de bidones.
- Almacenaje de productos inflamables, como cloruro de vinilo.
- Zanjas próximas a tomas de muestras, filtros, purgas, bocas de hombre.
- Alrededor de tomas de muestras, filtros, purgas, bocas de hombre abiertos.

Clasificación interior

Se considera la clasificación en el interior de los diferentes equipos de las áreas de riesgo identificadas.

En el interior de los equipos que se manejan líquidos inflamables se clasifica en Zona 0. No obstante, aquellos equipos que cuenten con inertización ven su clasificación rebajada a Zona 1, en función de la sustancia que pueda contener en su interior.

Tabla 5.14. Clasificación ATEX para el Área 200.

Zona de riesgo	Equipos	Identificación zona de riesgo	Clasificación	Observaciones
ÁREA 200	Tanque pulmón Acetileno	Interior del tanque	Zona 0	
		Válvula de seguridad	Zona 1	1,5 metros alrededor de la válvula de seguridad
		Alrededor tanque	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1
		Alrededor Válvula de seguridad	Zona 2	1,5 metros alrededor de la zona 1
		Puntos de salida	Zona 1	1 metro alrededor de la zona de salida
	Intercambiador Acetileno	Interior tubos	Zona 0	
		Alrededor del intercambiador	Zona 2	3 metros alrededor del intercambiador
	Tanque pulmón Cloruro de Hidrógeno	Interior del tanque	Zona 2	Sin riesgo alguno debido a la naturaleza del compuesto
		Válvula de seguridad		
		Alrededor tanque		
		Alrededor Válvula de seguridad		
		Puntos de salida		
	Intercambiador Cloruro de Hidrógeno	Interior tubos	Zona 0	
		Alrededor del intercambiador		
	Intercambiadores procedente Columna de purificación	Interior tubos	Zona 0	
		Alrededor del intercambiador	Zona 2	2 metros alrededor del intercambiador

Tabla 5.15. Clasificación ATEX para el Área 300 y 400.

Zona de riesgo	Equipos	Identificación zona de riesgo	Clasificación	Observaciones
AREA 300	Reactores	Interior del reactor	Zona 0	
		Alrededor reactor	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1
		Puntos de salida	Zona 1	1 metro alrededor de la zona de salida
	Intercambiadores	Interior tubos	Zona 0	
		Alrededor del intercambiador	Zona 2	3 metros alrededor del intercambiador
AREA 400	Columna de destilación	Interior de la columna de destilación	Zona 0	
		Alrededor de la columna de destilación	Zona 2	3 metros alrededor de la zona 1
		Puntos de salida	Zona 1	1,5 metro alrededor de la zona de venteo
	Reboiler	Interior reboiler	Zona 0	
		Alrededor del reboiler	Zona 2	2 metros alrededor del intercambiador
		Punto de salida	Zona 1	1,5 metros alrededor de la zona de salida
	Condensador total	Interior del condensador total	Zona 0	
		Alrededor condensador total	Zona 2	2 metros alrededor del intercambiador
		Punto de salida	Zona 1	1,5 metros alrededor de la zona de salida

Tabla 5.16. Clasificación ATEX para el Área 500.

Zona de riesgo	Equipos	Identificación zona de riesgo	Clasificación	Observaciones
AREA 500	Tanque pulmón	Interior del tanque	Zona 0	
		Válvula de seguridad	Zona 1	1 metros alrededor de la válvula de seguridad
		Alrededor tanque	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1
		Alrededor Válvula de seguridad	Zona 2	1,5 metros alrededor de la zona 1
		Puntos de salida	Zona 1	1 metro alrededor de la zona de salida
	Columna de purificación	Interior de la columna de purificación	Zona 0	
		Alrededor de la columna de purificación	Zona 2	3 metros alrededor de la zona 1
		Puntos de salida	Zona 1	1,5 metro alrededor de la zona de venteo
	Reboiler	Interior reboiler	Zona 0	
		Alrededor del reboiler	Zona 2	2 metros alrededor del intercambiador
		Punto de salida	Zona 1	1,5 metros alrededor de la zona de salida
	Condensador total	Interior del condensador total	Zona 0	
		Alrededor condensador total	Zona 2	2 metros alrededor del intercambiador
		Punto de salida	Zona 1	1,5 metros alrededor de la zona de salida
	Intercambiadores	Interior tubos	Zona 0	
		Alrededor del intercambiador	Zona 2	3 metros alrededor del intercambiador

Tabla 5.17. Clasificación ATEX para el Área 600.

Zona de riesgo	Equipos	Identificación zona de riesgo	Clasificación	Observaciones
AREA 600	Tanque de almacenamiento de cloruro de vinilo	Interior del tanque	Zona 0	
		Válvula de seguridad	Zona 1	1,5 metros alrededor de la válvula de seguridad
		Alrededor tanque	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1
		Alrededor Válvula de seguridad	Zona 2	1,5 metros alrededor de la zona 1
		Puntos de salida	Zona 1	1 metro alrededor de la zona de salida
	Tanque de almacenamiento de dicloroetano e inertes	Interior del tanque	Zona 0	
		Válvula de seguridad	Zona 1	1,5 metros alrededor de la válvula de seguridad
		Alrededor tanque	Zona 2	2 metros alrededor de la zona 1
		Alrededor Válvula de seguridad	Zona 2	1,5 metros alrededor de la zona 1
		Puntos de salida	Zona 1	1 metro alrededor de la zona de salida

5.14.3 Acciones de extinción

Una de las principales medidas que se toma para asegurar la reducción al máximo de la peligrosidad en los equipos, es la inertización con nitrógeno. Mediante el uso de este gas inerte, se puede diluir el oxígeno del aire en el interior de las instalaciones, evitando o minimizando de forma significativa la formación de atmósferas peligrosas. En el **apartado 10 Diagramas y planos** se pueden ver los diferentes planos PID sobre la inyección de Nitrógeno en los equipos con el fin de inertizarlos en caso de riesgo explosivo.

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

5.14.4 Fuentes y causas de explosión en la planta

Las fuentes y causas de explosión en la planta están estrechamente relacionadas con las fuentes y causas de incendio en la planta. Para consulta de esto, véase el **apartado 5.13.5.4 Causas de fuego y explosión**.

5.14.5 Detectores de atmósferas explosivas

Los equipos para detección de gases pueden ser portátiles (o semi-portátiles) o sistemas fijos de detección de gases. La seguridad de una zona potencialmente afectada por gases y vapores peligrosos depende principalmente de la fiabilidad del sistema de detección de gases, y especialmente de la calidad de los sensores utilizados.

Los sensores para la detección de gases y vapores son transductores que usan ciertas propiedades de los gases para la conversión en una señal eléctrica adecuada.

Especialmente tres principios de medición se han hecho dominantes en las décadas recientes de la detección industrial de gases: sensores electroquímicos, sensores de perla catalítica y sensores infrarrojos.

Sensores electroquímicos

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

Sensores de perla catalítica

Los sensores de perla catalítica también son llamados pellistor.

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

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

Sensores infrarrojos

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

Todos los gases absorben radiación de una manera característica, algunos incluso en el rango visible (0.4 a 0.8 micrómetros). Esto es por lo que el cloro es verde-amarillo, el dióxido de bromo y el de nitrógeno son marrón-rojo, el iodo es violeta, etc. Sin embargo, estos colores solo se pueden ver en concentraciones muy altas y letales. Los hidrocarburos absorben radiación a un rango determinado de longitud de onda, aprox. de 3.3 a 3.5 micrómetros, y, puesto que el oxígeno, el nitrógeno y el argón no absorben, esto puede ser usado para la medición de concentración de hidrocarburos en aire.

Como ya se ha expuesto anteriormente, la mayoría de los gases y vapores inflamables son hidrocarburos que casi siempre son detectables por su característica absorción de infrarrojos.

5.14.7 Protección contra explosiones

La protección contra explosiones es el conjunto de medios, equipos y sistemas instalados para alertar sobre una explosión o posible explosión e impedir que este fenómeno se propague evitando las pérdidas y daños producidos por las ondas expansivas o por futuras explosiones.

Sistemas de detección y alarmas de atmosferas explosivas

Está compuesto por elementos capaces de detectar las atmosferas explosivas sin intervención humana emitiendo una señal que activa la alarma para que los ocupantes de las instalaciones tengan tiempo de evacuar y evitar daños personales. Se han presentado anteriormente en el **apartado 5.14.4 Detectores de atmósferas explosivas**.

Supresores de las atmosferas explosivas

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

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

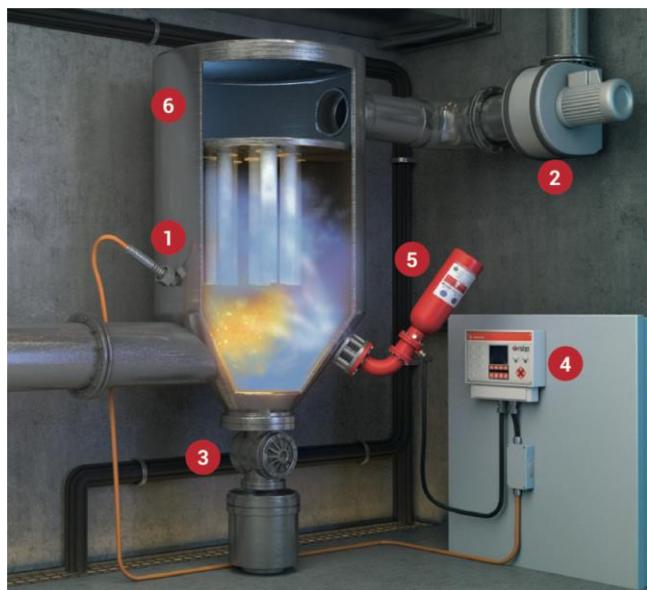


Figura 5.33. Sistema HRD de supresión de atmósferas explosivas.

Dicho Sistema HRD está compuesto por tres partes:

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

5.15 ANÁLISIS DEL RIESGO

El análisis de riesgo, también conocido como evaluación de riesgos, en inglés PHA (*Process Hazards Analysis*) (23), es el estudio de las causas de las posibles amenazas y probables eventos no deseados y los daños y consecuencias que éstas puedan producir.

Este tipo de análisis es ampliamente utilizado como herramienta de gestión en estudios financieros y de seguridad para identificar riesgos (métodos cualitativos) y otras para evaluar riesgos (generalmente de naturaleza cuantitativa).

El primer paso del análisis es identificar los activos a proteger o evaluar. La evaluación de riesgos involucra comparar el nivel de riesgo detectado durante el proceso de análisis con criterios de riesgo establecidos previamente.

La función de la evaluación consiste en ayudar a alcanzar un nivel razonable de consenso en torno a los objetivos en cuestión, y asegurar un nivel mínimo que permita desarrollar indicadores operacionales a partir de los cuales medir y evaluar.

Los resultados obtenidos del análisis van a permitir aplicar alguno de los métodos para el tratamiento de los riesgos, que involucra identificar el conjunto de opciones que existen para tratar los riesgos, evaluarlas, preparar planes para este tratamiento y ejecutarlos.

5.15.1 Análisis de riesgo HAZOP

El estudio de peligrosidad y operatividad, del inglés *Hazard and Operability study*, HAZOP (23), es un examen estructurado y sistemático de un producto, proceso, procedimiento o sistema, existente o previsto. Es una técnica inductiva para identificar los riesgos que se pueden producir para las personas, los equipos, el entorno y/o los objetivos de la organización. En los casos en que sea posible, el estudio proporcionará una solución para el tratamiento del riesgo.

Esta técnica consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso planteadas a través de unas palabras- guía que se van preguntando en cada una de las etapas del diseño, proceso, procedimiento o sistema que aspectos pueden dar lugar al incumplimiento de los requisitos de diseño o de las condiciones de operación. Lo habitual es que esta técnica se lleve a cabo a lo largo de diversas reuniones de equipos multidisciplinares.

La realización del análisis HAZOP consta de diversas etapas:

- Definición del área de estudio: Consiste en delimitar las áreas a las cuales se aplica la técnica. En nuestra planta las áreas en las que se aplicara el HAZOP son las siguientes: 200, 300, 400, 500, 600 y 700.

- 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. Cada nudo deberá ser identificado y numerado correlativamente dentro de cada subsistema y en el sentido del proceso para mejor comprensión y comodidad. La técnica HAZOP se aplica a cada uno de estos puntos. Cada nudo vendrá caracterizado por variables de proceso: presión, temperatura, caudal, nivel, composición, viscosidad, etc.

- Aplicación de las palabras-guía: Estas se utilizan para indicar el concepto que representan a cada uno de los nudos definidos anteriormente que entran o salen de un elemento determinado. Se aplican tanto a acciones (reacciones, transferencias, etc.) como a parámetros específicos (presión, caudal, temperatura, etc.). La **tabla 5.18** presenta algunas palabras guía y su significado.

Tabla 5.18. Palabras-guías HAZOP.

NO	Ausencia de la variable a la cual se aplica.
MÁS	Aumento cuantitativo de una variable.
MENOS	Disminución cuantitativa de una variable.
MAYOR QUE	Aumento cualitativo. Se obtiene algo más que las intenciones del diseño

PARTE DE	Disminución cualitativa. Parte de lo que debería ocurrir sucede según lo previsto.
INVERSO	Analiza la inversión en el sentido de la variable. Se obtiene el efecto contrario que se pretende.
DE OTRA FORMA	Sustitución completa de la función deseada. Sucede algo totalmente diferente a las finalidades originales.

- Definición de las desviaciones a estudiar: para cada nudo se plantea de forma sistemática todas las desviaciones que implican la aplicación de cada palabra guía a una determinada variable o actividad. Para realizar un análisis exhaustivo, se deben aplicar todas las combinaciones posibles entre palabra guía y variable de proceso, descartándose durante la sesión las desviaciones que no tengan sentido para un nudo determinado.

Paralelamente a las desviaciones se deben indicar las causas posibles de estas desviaciones y posteriormente las consecuencias de estas desviaciones.

- Sesiones HAZOP: Las sesiones HAZOP tienen como objetivo la realización sistemática del proceso descrito anteriormente, analizando las desviaciones en todas las líneas o nudos seleccionados a partir de las palabras guía aplicadas a determinadas variables o procesos. Se determinan las posibles causas, las posibles consecuencias, las respuestas que se proponen, así como las acciones a tomar.

5.15.2 Análisis HAZOP

AREA 200

Tabla 5.19. HAZOP representativo de los tanques pulmón.

Tanque pulmón					
ITEM: T-201, T-202					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
NO	Caudal	Fallo de la bomba. Obstrucción de las tuberías. Fuga de las válvulas.	Aumento de la presión en las tuberías. Fuga de gas. Perturbación en la producción.	Control de presión. Indicador de presión.	Revisión y mantenimiento de las tuberías y las bombas. Revisión del control de presión.
	Estanqueidad	Grieta en el tanque.	Fuga del fluido. Perturbación en la producción.	Control de presión. Indicador de presión.	Revisión periódica del estado del tanque.
MÁS	Temperatura	Reactivos no provistos con la temperatura correcta.	Aumento de presión en el tanque.	Control de presión. Indicador de presión.	Contacto con la empresa proveedora de los reactivos.
	Presión	Aumento de la temperatura. Aumento de la cantidad de reactivos almacenados. Fallo en la bomba.	Sobrepresión. Evaporación del fluido.	Indicador de presión. Control de presión. Disco de rotura.	Contacto con la empresa proveedora de los reactivos.

Tanque pulmón					
ITEM: T-201, T-202					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
MAS	Caudal	Fallo en el control de presión. Fallo en las bombas. Obstrucción en las tuberías o en las válvulas.	Perturbación de la producción. Fuga en la tubería y derrame del fluido.	Control de presión. Indicador de presión.	Inspección de las válvulas y las tuberías. Revisión de las bombas. Revisión del control de presión y de los indicadores de presión.
MENOS	Presión	Fallo en el control de presión. Obstrucción de las válvulas.	Formación de vacío, deformación del equipo. Posibles derrames, rotura del equipo.	Control de presión. Indicador de presión.	Revisión del control de presión. Revisión de las válvulas.
	Caudal	Fallo en el control de presión. Fallo en las bombas. Obstrucción en las tuberías o en las válvulas.	Perturbación de la producción. Fuga en la tubería y derrame del fluido.	Control de presión. Indicador de presión.	Inspección de las válvulas y las tuberías. Revisión de las bombas. Revisión del control de presión y de los indicadores de presión.

Tabla 5.20. HAZOP representativo de los intercambiadores del Área 200.

Intercambiador de calor					
ITEM: E-201, E-202, E-203, E-204, E-205, E-206					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
NO	Caudal de fluido de servicio.	Fallo en la bomba. Obstrucción de las tuberías o las válvulas. Incrustaciones en la carcasa. Fuga del fluido de servicio. Fallo control de temperatura.	Intercambio de calor insuficiente. Perturbación en la producción.	Control de temperatura.	Revisión periódica de las válvulas y las bombas. Colocar control y válvulas adicionales.
	Caudal de alimento	Fallo en la bomba. Obstrucción de las válvulas. Fuga de los reactivos. Fallo control de temperatura.	Intercambio de calor insuficiente Perturbación en la producción.	Control de Temperatura.	Revisión periódica de las válvulas y las bombas.
MÁS	Temperatura	Fallo control de temperatura. Aumento de la presión. Aumento del fluido de servicio. Disminución del caudal de alimento.	Possible rotura del equipo por sobrepresión.	Control de la temperatura.	Revisión del control de la temperatura. Revisión sistema de fluido de servicio. Revisión válvulas de entrada.
	Presión	Aumento de la temperatura. Aumento del caudal de servicio.	Possible rotura del intercambiador. Disco de rotura.	Control de la temperatura. Disco de rotura.	Revisión del control de la temperatura. Añadir control de presión.
	Caudal de entrada	Fallo de las bombas. Fallo de las válvulas. Fallo control de temperatura.	Disminución de la temperatura.	Control de temperatura.	Revisión de las bombas y las válvulas. Añadir control de caudal.

Intercambiador de calor					
ITEM: E-201, E-202, E-203, E-204, E-205, E-206					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
MENOS	Presión	Fallo en el control de temperatura. Fallo en las válvulas y las bombas. Disminución de la temperatura.	Formación de vacío, deformación del equipo. Posibles derrames, rotura del equipo.	Control de temperatura.	Inspección de las tuberías. Revisión de las bombas y de las válvulas. Añadir control de presión.
	Temperatura	Fallo control de temperatura. Obstrucción en las válvulas de fluido de servicio.	Aumento en el intercambio de calor. Perturbación en la producción.	Control de temperatura.	Revisión del control de temperatura. Revisión del sistema de calor.
	Caudal de entrada	Fallo en la bomba. Obstrucción de la tubería o de la válvula.	Fuga en la tubería y derrame del fluido. Disminución del intercambio de calor. Perturbación en la producción. Aumento de la Temperatura del intercambiador.	Control de temperatura.	Revisión periódica de las válvulas y las bombas. Revisión de las tuberías. Añadir control de caudal.
PARTE DE	Caudal	Fluido de operación o refrigerante contaminado. Fallo en las conexiones de las tuberías. Corrosión del intercambiador.	Variación de la temperatura. Aumento del ensuciamiento del intercambiador. Perturbación de la producción.	Control de la temperatura.	Revisión del sistema de refrigeración. Análisis de la composición del caudal refrigerante. Añadir filtros antes del intercambiador para evitar sólidos.

Área 300
Tabla 5.21. HAZOP representativo de los reactores.

Reactor					
ITEM: R-301, R-302, R-303, R-304					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
NO	Caudal	Fallo de la bomba. Obstrucción de las tuberías. Fuga de las válvulas.	Aumento de la presión en las tuberías. Fuga de gas. Perturbación en la producción.	Control de temperatura. Control de presión. Control de concentración.	Revisión y mantenimiento de las tuberías, las bombas y las válvulas. Revisión del control de nivel.
	Reacción	Condiciones de operación diferentes a las óptimas. No hay entrada de reactivos.	Paralización de la producción.	Control de temperatura. Control de concentración.	Revisión de las bombas de entrada. Inspección de los tanques de reactivos.
	Estanqueidad	Grieta en el reactor.	Fuga del fluido. Perturbación en la producción.	Indicador presión. Control de temperatura.	Revisión periódica del estado del tanque.
MÁS	Temperatura	Aumento de la presión. Fallo del control de la temperatura. Problemas con el aislante. Aumento del caudal de entrada. Fallo en la refrigeración.	Aumento de presión en el tanque. Posible rotura o explosión.	Control de temperatura. Indicadores de presión.	Inspección del sistema de refrigeración. Revisión del control de la temperatura. Revisión de las bombas.
	Presión	Aumento de la temperatura. Aumento del caudal de entrada. Fallo en el control de temperatura.	Sobrepresión, peligro de explosión. Evaporación del fluido.	Control de temperatura. Indicadores de presión. Disco de rotura.	Inspección del sistema de refrigeración. Revisión de las bombas de entrada.

Reactor					
ITEM: R-301, R-302, R-303, R-304					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
MÁS	Caudal	Fallo en las bombas. Fallo en las válvulas. Fallo en el control de caudal.	Perturbación de la producción. Aumento del nivel. Aumento de la temperatura. Aumento de presión en las tuberías.	Indicador presión. Control de la temperatura. Control de la concentración.	Inspección de las válvulas y las tuberías. Revisión de las bombas.
MENOS	Presión	Fallo en las bombas. Obstrucción de las válvulas. Disminución de la temperatura.	Formación de vacío, deformación del equipo. Posibles derrames, rotura del equipo. Reacción perturbada.	Control de temperatura. Indicadores de presión.	Revisión de las válvulas y bombas. Revisión del sistema de refrigeración. Revisión del control de temperatura.
	Caudal	Fallo en las bombas. Obstrucción en las tuberías o en las válvulas. No hay reactivos.	Perturbación de la producción. Fuga en la tubería y derrame del fluido.	Indicador presión. Control de la temperatura. Control de la concentración.	Inspección de las válvulas y las tuberías. Revisión de las bombas. Revisión del control de temperatura.

Reactor					
ITEM: R-301, R-302, R-303, R-304					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
MENOS	Temperatura	Fallo en el control de la temperatura. Disminución de la presión. Fuga en el sistema de refrigeración. Problemas con el aislante.	Reacciones no deseadas. Disminución de la presión.	Indicador presión. Control de la temperatura. Control de la concentración.	Revisión de los sistemas de refrigeración. Revisión del control de la temperatura. Revisión del agitador.
INVERSO	Reacción	Disminución de la temperatura Aumento de reactivos. Aumento de la presión.	Disminución de la producción.	Indicador presión. Control de la temperatura. Control de la concentración.	Control de la composición del producto a la salida del reactor.
PARTE DE	Caudal de alimento	Contaminación de los reactivos.	Reacciones no deseadas. Variación de la presión y la temperatura.	Indicador presión. Control de la temperatura. Control de la concentración.	Revisión de la composición de los reactivos. Control de la composición del producto de salida del reactor.

Tabla 5.22. HAZOP representativo de los intercambiadores del Área 300.

Intercambiador de calor					
ITEM: E-301, E-302					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
NO	Caudal de fluido de servicio.	Fallo en la bomba. Obstrucción de las tuberías. Obstrucción de las válvulas. Incrustaciones en la carcasa y los tubos. Fuga del fluido de servicio.	Intercambio de calor insuficiente.	Control de temperatura.	Revisión periódica de las válvulas y las bombas. Colocar control y válvulas adicionales.
	Caudal de entrada	Fallo en la bomba. Obstrucción de las válvulas. Fuga del producto.	Intercambio de calor insuficiente Perturbación en la producción.	Control de temperatura.	Revisión periódica de las válvulas y las bombas. Revisión del control de la temperatura. Revisión sistema de fluido de servicio.
MÁS	Temperatura	Fallo control de la temperatura. Aumento de la presión. Disminución del fluido de servicio. Aumento del caudal de alimento.	Possible rotura del equipo por sobrepresión. Disminución del intercambio de calor.	Control de temperatura.	Revisión del control de la temperatura. Revisión sistema de fluido de servicio. Revisión válvulas de entrada.
	Presión	Aumento de la temperatura. Disminución del caudal de servicio.	Possible rotura del intercambiador.	Control de temperatura. Disco de ruptura.	Revisión del control de la temperatura. Revisión sistema de fluido de servicio. Revisión válvulas de entrada.

Intercambiador de calor					
ITEM: E-301, E-302					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
MÁS	Caudal de entrada	Fallo de las bombas. Fallo de las válvulas.	Aumento de la temperatura.	Control de temperatura.	Revisión de las bombas y las válvulas. Añadir control de caudal.
	Caudal de fluido de servicio.	Fallo de las bombas. Fallo de las válvulas. Fallo control de temperatura	Disminución de la temperatura.	Control de temperatura.	Revisión de las bombas y válvulas. Revisión control de temperatura.
MENOS	Presión	Fallo en el control de temperatura. Fallo en las válvulas y las bombas. Disminución de la temperatura.	Formación de vacío, deformación del equipo. Posibles derrames, rotura del equipo.	Control de temperatura.	Inspección de las tuberías. Revisión de las bombas y de las válvulas.
	Temperatura	Fallo control de temperatura. Obstrucción en las válvulas de fluido de servicio.	Aumento en el intercambio de calor. Perturbación en la producción.	Control de temperatura.	Revisión del control de temperatura. Revisión del sistema de calor.
	Caudal de entrada	Fallo control de temperatura. Fallo en la bomba. Obstrucción de la tubería o de la válvula.	Fuga en la tubería y derrame del fluido. Disminución del intercambio de calor. Perturbación en la producción. Disminución de la temperatura del intercambiador.	Control de temperatura.	Revisión periódica de las válvulas y las bombas. Revisión del sistema de refrigeración. Revisión control de temperatura.

Intercambiador de calor					
ITEM: E-301, E-302					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
MENOS	Caudal de fluido de servicio.	Fallo de las bombas. Fallo de las válvulas.	Aumento de la temperatura.	Control de temperatura.	Revisión de las bombas y las válvulas. Revisión del sistema de refrigeración. Revisión control de temperatura.
PARTE DE	Caudal	Fluido de operación o refrigerante contaminado. Fallo en las conexiones de las tuberías. Corrosión del intercambiador.	Variación de la temperatura. Aumento del ensuciamiento del intercambiador. Perturbación de la producción.	Control de la temperatura.	Revisión del sistema de refrigeración. Análisis de la composición del caudal refrigerante. Añadir filtros antes del intercambiador para evitar sólidos.

Área 400 y 500

Tabla 5.23. HAZOP representativo de las columnas de destilación y purificación.

Columna de destilación					
ITEM: DC-401, DC-501					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
NO	Caudal de entrada.	Obstrucción de las tuberías. Obstrucción de las válvulas. Fallo de la bomba. Fuga en las tuberías.	Perturbación del proceso. Derrame del fluido.	Control de temperatura. Control de presión.	Inspección de las válvulas y las tuberías. Revisión de las bombas.
MÁS	Temperatura	Aumento del cabal de alimento. Fallo en el control de la temperatura. Aumento de evaporación en el reboiler.	Aumento de la presión debido a la evaporación del reboiler. Peligro por rotura o explosión del equipo.	Control de temperatura.	Revisión del control de la temperatura. Revisión válvulas de entrada.
	Presión	Aumento de la temperatura. Aumento del cabal de alimento. Fallo en el reboiler.	Sobrepresión, rotura del equipo. Fuga de volátiles.	Control de temperatura. Control de presión. Disco de ruptura.	Introducir control de presión. Introducir control de caudal. Mejora del sistema de refrigeración.
	Caudal	Fallo de las bombas. Obstrucción de las válvulas.	Sobrepresión en las tuberías. Inundación de la columna si el control de nivel no puede solucionar el problema. Aumento de la presión y de la temperatura.	Control de nivel. Control de temperatura. Alarma de nivel máximo. Disco de ruptura.	Introducir un indicador de caudal. Revisión de las válvulas de las bombas.

Columna de destilación					
ITEM: DC-401, DC-501					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
MENOS	Caudal	Obstrucción de las válvulas. Fallo de la bomba. Fuga en las tuberías.	Perturbación de la producción debido a la disminución en la separación de productos. Derrame del fluido.	Control de temperatura. Control de nivel.	Inspección de las válvulas y las tuberías. Revisión de las bombas.
	Presión	Fallo en el control de la temperatura. Fallo en las válvulas.	Formación de vacío, deformación del equipo. Derrame del fluido.	Control de temperatura. Control de la presión.	Revisión del control de temperatura y nivel. Revisión de las válvulas.
	Temperatura	Fallo en el reboiler o en el condensador. Fallo en el control de la temperatura.	Perturbación en la producción debido a disminución en la separación de productos.	Control de la temperatura.	Introducir alarma de temperatura mínima. Revisión del control de temperatura.
PARTE DE	Cloruro de vinilo	Contaminación del producto.	Reacciones no deseadas, obtención de productos no deseados. Variación de las condiciones de operación.	Control de temperatura. Control de nivel.	Control de la composición de entrada. Limpieza de las tuberías y de los equipos previos y de la columna.

Tabla 5.24. HAZOP representativo de los reboilers de las columnas del Área 400 y 500.

Reboiler					
ITEM: RB-401, RB-501					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
NO	Caudal del calefactor.	Obstrucción de las tuberías. Fallo de las válvulas. Fuga del fluido calefactor.	Intercambio de calor insuficiente.	Control de temperatura. Alarma de nivel mínimo. Control de presión.	Revisión periódica de las válvulas y las bombas.
MÁS	Temperatura	Fallo control de la temperatura. Aumento de la presión. Caudal de fluido de servicio insuficiente. Aumento del cabal de alimento.	Possible rotura del equipo por sobrepresión.	Alarma de temperatura máxima. Control de la temperatura.	Revisión del control de la temperatura. Revisión alarma de temperatura. Revisión válvulas de entrada.
	Presión	Aumento de la temperatura. Aumento del cabal de alimento.	Possible rotura del intercambiador.	Alarma de temperatura máxima. Control de la temperatura. Disco de rotura.	Revisión del control de la temperatura. Revisión alarma de temperatura máxima. Añadir control de presión.
	Caudal de entrada	Fallo de las bombas. Fallo de las válvulas.	Aumento de la presión, rotura del tanque. Aumento de la temperatura.	Alarma de nivel máxima. Control de temperatura. Indicador de caudal.	Revisión de las bombas y las válvulas. Añadir control de caudal.

Reboiler					
ITEM: RB-401, RB-501					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
MENOS	Presión	Fallo en el control de temperatura. Fallo en el control de nivel. Obstrucción de las válvulas.	Formación de vacío, deformación del equipo. Posibles derrames, rotura del equipo.	Control de nivel. Alarma de nivel mínimo.	Revisión del control de nivel. Revisión de las válvulas.
	Nivel	Fallo en el control de nivel. Obstrucción de las válvulas.	Baja la eficacia de la columna.	Control de nivel. Alarma de nivel mínimo. Indicador de caudal.	Revisión del control de nivel. Revisión de las válvulas.
	Temperatura	Fallo control de temperatura. Obstrucción en las válvulas. Disminución del caudal de fluido calefactor.	Aumento en el intercambio de calor. Perturbación en la producción	Control de presión.	Revisión del equipo. Revisión del control de nivel. Revisión del sistema de aislamiento.
PARTE DE	Cloruro de vinilo	No se evapora parte del cloruro de vinilo. Fallo del control de temperatura. Fallo del control de presión.	Baja el reflujo de la columna. Baja la temperatura de la columna.	Control de la temperatura. Control de la presión.	Revisión del sistema de calefactor. Revisión del control de temperatura y presión.

Tabla 5.25. HAZOP representativo de los condensadores del Área 400 y 500.

Condensador					
ITEM: CD-401, CD-501					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
NO	Caudal de refrigerante.	Obstrucción de las tuberías. Fallo de las válvulas. Fuga del fluido refrigerante.	Intercambio de calor insuficiente.	Control de temperatura. Control de presión.	Revisión periódica de las válvulas y las bombas.
MÁS	Temperatura	Fallo control de la temperatura. Aumento de la presión. Caudal de refrigerante insuficiente. Aumento del cabal de alimento.	Possible rotura del equipo por sobrepresión. Menor condensación de los gases.	Control de la temperatura.	Revisión del control de temperatura. Revisión válvulas de entrada.
	Presión	Aumento de la temperatura. Aumento del caudal de alimento. Bloqueo de la salida de líquidos. Fallo de las válvulas.	Menor condensación de los gases. Funcionamiento de la columna alterado. Possible rotura del intercambiador.	Control de la temperatura. Disco de rotura.	Revisión del control de la temperatura. Revisión de las válvulas. Inspección del equipo.
	Caudal de entrada	Aumento del caudal de condensado. Aumento del caudal de alimento.	Intercambio de calor insuficiente.	Control de temperatura.	Revisión del control de temperatura. Revisión de las válvulas. Inspección del equipo.

Condensador					
ITEM: CT-401, CT-501					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
MENOS	Presión	Fallo en el control de temperatura. Fallo en el control de nivel. Obstrucción de las válvulas.	Formación de vacío, deformación del equipo. Posibles derrames, rotura del equipo.	Control de temperatura.	Revisión del control de temperatura y nivel. Revisión de las válvulas.
PARTE DE	Cloruro de vinilo	No se condensa parte del cloruro de vinilo. Fallo del control de temperatura. Fallo del control de presión.	Baja el reflujo de la columna. Baja la temperatura de la columna. Aumento de la presión en las tuberías de salida.	Control de la temperatura. Control de la presión.	Revisión del sistema de calefactor. Revisión del control de temperatura y presión.

Tabla 5.26. HAZOP representativo de los tanques pulmón de las columnas.

Tanque pulmón					
ITEM: T-401, T-402, T-501					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
NO	Caudal	Fallo de la bomba. Obstrucción de las tuberías. Fuga de las válvulas.	Aumento de la presión en las tuberías. Fuga de líquido. Perturbación en la producción.	Control de nivel. Indicador de presión.	Revisión y mantenimiento de las tuberías y las bombas. Revisión del control de nivel.
	Estanqueidad	Grieta en el tanque, provocada por la corrosión o golpes en el equipo.	Fuga del fluido. Perturbación en los equipos posteriores del proceso.	Control de nivel.	Revisión periódica del estado del tanque.
MÁS	Temperatura	Fallo sensor de temperatura. Aumento de la presión. Fallo en el condensador previo, entrada del fluido caliente.	Aumento de presión en el tanque. Evaporación del fluido.	Alarma de temperatura. Control de temperatura. Control de presión.	Revisión del control de temperatura en la entrada al tanque. Revisión de la alarma de temperatura. Trabajar en reflujo total.
	Presión	Fallo del sensor de presión. Aumento de la temperatura. Fallo de la válvula de liberación de presión Fallo en la bomba.	Sobrepresión, peligro de explosión. Evaporación del fluido.	Alarma de temperatura. Control de nivel. Control de temperatura. Disco de rotura.	Revisión de las válvulas y de los indicadores de presión. Revisión de la alarma de temperatura
	Nivel	Fallo en el control de nivel. Aumento del cabal de entrada. Obstrucción en las válvulas.	Derrame del fluido. Aumento de la presión.	Control de nivel. Alarma de nivel máximo. Control de la presión.	Introducir alarma de nivel máximo. Revisión de las válvulas.

Tanque pulmón					
ITEM: T-401, T-402, T-501					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
MAS	Caudal de entrada.	Fallo de la bomba. Obstrucción de la válvula. Fallo en el control de nivel.	Aumento del nivel del tanque, derrame. Aumento de la presión, rotura del tanque.	Alarma de nivel máximo. Control de la presión. Disco de ruptura.	Revisión del control de nivel. Revisión de las bombas y las válvulas.
MENOS	Presión	Fallo en el control de temperatura. Fallo en el control de nivel. Obstrucción de las válvulas. Fuga en las tuberías.	Formación de vacío, deformación del equipo. Posibles derrames, rotura del equipo.	Alarma de nivel mínimo. Control de la presión.	Revisión de las válvulas. Revisión del control de temperatura y nivel.
	Nivel	Error en el sensor de nivel. Fallo en la bomba o en las válvulas.	Derrame del fluido. Posible formación del vacío, deformación de las tuberías y del equipo.	Control de presión. Alarma de nivel mínimo.	Revisión del control de nivel. Revisión de las válvulas y las tuberías. Inspección de las bombas.
	Caudal	Fallo en las bombas. Obstrucción en las tuberías o en las válvulas.	Perturbación de la producción. Fuga en la tubería y derrame del fluido.	Alarma de nivel mínimo. Control de nivel. Indicador de la presión.	Inspección de las válvulas y las tuberías. Revisión de las bombas. Revisión del control de nivel y de los indicadores de presión.
	Temperatura	Fallo en el sensor de temperatura. Disminución de la presión.	Formación de vacío. Fuga de vapor calefactor.	Alarma de temperatura mínima. Control de la temperatura y la presión.	Revisión del sistema previo. Revisión del control de temperatura y de la presión.

Área 600

Tabla 5.27. HAZOP representativo del intercambiador del Área 600.

Intercambiador de calor					
ITEM: E-601					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
NO	Caudal de fluido de servicio.	Fallo en la bomba. Obstrucción de las tuberías. Obstrucción de las válvulas. Incrustaciones en la carcasa y los tubos. Fuga del fluido de servicio.	Intercambio de calor insuficiente.	Control de temperatura.	Revisión periódica de las válvulas y las bombas. Colocar control y válvulas adicionales.
	Caudal de entrada	Fallo en la bomba. Obstrucción de las válvulas. Fuga del producto.	Intercambio de calor insuficiente Perturbación en la producción.	Control de temperatura.	Revisión periódica de las válvulas y las bombas. Revisión del control de la temperatura. Revisión sistema de fluido de servicio.
MÁS	Temperatura	Fallo control de la temperatura. Aumento de la presión. Disminución del fluido de servicio. Aumento del caudal de alimento.	Possible rotura del equipo por sobrepresión. Disminución intercambio de calor.	Control de temperatura.	Revisión del control de la temperatura. Revisión sistema de fluido de servicio. Revisión válvulas de entrada.
	Presión	Aumento de la temperatura. Disminución del caudal de servicio.	Possible rotura del intercambiador.	Control de temperatura. Disco de ruptura.	Revisión del control de la temperatura. Revisión sistema de fluido de servicio. Revisión válvulas de entrada.

Intercambiador de calor					
ITEM: E-601					
Palabra guía	Perturbación	Possibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
MÁS	Caudal de entrada	Fallo de las bombas. Fallo de las válvulas.	Aumento de la temperatura.	Control de temperatura.	Revisión de las bombas y las válvulas. Añadir control de caudal.
	Caudal de fluido de servicio.	Fallo de las bombas. Fallo de las válvulas. Fallo control de temperatura	Disminución de la temperatura.	Control de temperatura.	Revisión de las bombas y válvulas. Revisión control de temperatura.
MENOS	Presión	Fallo en el control de temperatura. Fallo en las válvulas y las bombas. Disminución de la temperatura.	Formación de vacío, deformación del equipo. Posibles derrames, rotura del equipo.	Control de temperatura.	Inspección de las tuberías. Revisión de las bombas y de las válvulas.
	Temperatura	Fallo control de temperatura. Obstrucción en las válvulas de fluido de servicio.	Aumento en el intercambio de calor. Perturbación en la producción.	Control de temperatura.	Revisión del control de temperatura. Revisión del sistema de calor.
	Caudal de entrada	Fallo control de temperatura. Fallo en la bomba. Obstrucción de la tubería o de la válvula.	Fuga en la tubería y derrame del fluido. Disminución del intercambio de calor. Perturbación en la producción. Aumento de la Temperatura del intercambiador.	Control de temperatura.	Revisión periódica de las válvulas y las bombas. Revisión del sistema de refrigeración. Revisión control de temperatura.

Intercambiador de calor					
ITEM: E-601					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
MENOS	Caudal de fluido de servicio.	Fallo de las bombas. Fallo de las válvulas.	Aumento de la temperatura.	Control de temperatura.	Revisión de las bombas y las válvulas. Revisión del sistema de refrigeración. Revisión control de temperatura.
PARTE DE	Caudal	Fluido de operación o refrigerante contaminado. Fallo en las conexiones de las tuberías. Corrosión del intercambiador.	Variación de la temperatura. Aumento del ensuciamiento del intercambiador. Perturbación de la producción.	Control de la temperatura.	Revisión del sistema de refrigeración. Análisis de la composición del caudal refrigerante. Añadir filtros antes del intercambiador para evitar sólidos.

Tabla 5.28. HAZOP representativo de los tanques de almacenamiento del producto del Área 600.

Tanque almacenamiento					
ITEM: T-601, T-602					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
NO	Caudal	Fallo de la bomba. Obstrucción de las tuberías. Fuga de las válvulas.	Aumento de la presión en las tuberías. Fuga de líquido. Perturbación en la producción.	Control de nivel.	Revisión y mantenimiento de las tuberías y las bombas. Revisión del control de nivel.
	Estanqueidad	Grieta en el tanque, provocada por la corrosión o golpes en el equipo.	Fuga del fluido. Perturbación en los equipos posteriores del proceso.	Control de nivel.	Revisión periódica del estado del tanque.
MÁS	Temperatura	Fallo sensor de temperatura. Aumento de la presión. Fallo en unidad previa, entrada del fluido caliente.	Aumento de presión en el tanque. Evaporación del fluido.	Control de temperatura. Control de nivel.	Revisión del control de temperatura en la entrada al tanque. Revisión de la alarma de temperatura. Trabajar en reflujo total.
	Presión	Fallo del sensor de presión. Aumento de la temperatura. Fallo de la válvula de liberación de presión Fallo en la bomba.	Sobrepresión, peligro de explosión. Evaporación del fluido.	Alarma de temperatura. Control de nivel. Control de temperatura. Disco de rotura.	Revisión de las válvulas y de los indicadores de presión. Revisión de la alarma de temperatura
	Nivel	Fallo en el control de nivel. Aumento del cabal de entrada. Obstrucción en las válvulas.	Derrame del fluido. Aumento de la presión.	Control de nivel. Alarma de nivel máximo. Control de la presión.	Introducir alarma de nivel máximo. Revisión de las válvulas.

Tanque almacenamiento					
ITEM: T-601, T-602					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
MAS	Caudal de entrada.	Fallo de la bomba. Obstrucción de la válvula. Fallo en el control de nivel.	Aumento del nivel del tanque, derrame. Aumento de la presión, rotura del tanque.	Alarma de nivel máximo. Control de la presión. Disco de ruptura.	Revisión del control de nivel. Revisión de las bombas y las válvulas.
MENOS	Presión	Fallo en el control de temperatura. Fallo en el control de nivel. Obstrucción de las válvulas. Fuga en las tuberías.	Formación de vacío, deformación del equipo. Posibles derrames, rotura del equipo.	Alarma de nivel mínimo. Control de la presión.	Revisión de las válvulas. Revisión del control de temperatura y nivel.
	Nivel	Error en el sensor de nivel. Fallo en la bomba o en las válvulas.	Derrame del fluido. Posible formación del vacío, deformación de las tuberías y del equipo.	Control de presión. Alarma de nivel mínimo.	Revisión del control de nivel. Revisión de las válvulas y las tuberías. Inspección de las bombas.
	Caudal	Fallo en las bombas. Obstrucción en las tuberías o en las válvulas.	Perturbación de la producción. Fuga en la tubería y derrame del fluido.	Alarma de nivel mínimo. Control de nivel. Indicador de la presión.	Inspección de las válvulas y las tuberías. Revisión de las bombas. Revisión del control de nivel y de los indicadores de presión.
	Temperatura	Fallo en el sensor de temperatura. Disminución de la presión.	Formación de vacío. Fuga de vapor calefactor.	Alarma de temperatura mínima. Control de la temperatura y la presión.	Revisión del sistema previo. Revisión del control de temperatura y de la presión.

Tabla 5.29. HAZOP representativo de los tanques de almacenamiento del subproducto del Área 600.

Tanque almacenamiento					
ITEM: T-603, T-604					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
NO	Caudal	Fallo de la bomba. Obstrucción de las tuberías. Fuga de las válvulas.	Aumento de la presión en las tuberías. Fuga de líquido. Perturbación en la producción.	Control de nivel.	Revisión y mantenimiento de las tuberías y las bombas. Revisión del control de nivel.
	Estanqueidad	Grieta en el tanque, provocada por la corrosión o golpes en el equipo.	Fuga del fluido. Perturbación en los equipos posteriores del proceso.	Control de nivel.	Revisión periódica del estado del tanque.
MÁS	Temperatura	Fallo sensor de temperatura. Aumento de la presión. Fallo en unidad previa, entrada del fluido caliente.	Aumento de presión en el tanque. Evaporación del fluido.	Control de presión.	Revisión del control de temperatura en la entrada al tanque. Revisión de la alarma de temperatura. Trabajar en reflujo total.
	Presión	Fallo del sensor de presión. Aumento de la temperatura. Fallo de la válvula de liberación de presión Fallo en la bomba.	Sobrepresión, peligro de explosión. Evaporación del fluido.	Control de nivel. Disco de rotura.	Revisión de las válvulas y de los indicadores de presión. Revisión de la alarma de temperatura
	Nivel	Fallo en el control de nivel. Aumento del cabal de entrada. Obstrucción en las válvulas.	Derrame del fluido. Aumento de la presión.	Control de nivel. Alarma de nivel máximo. Control de la presión.	Introducir alarma de nivel máximo. Revisión de las válvulas.

Tanque almacenamiento					
ITEM: T-603, T-604					
Palabra guía	Perturbación	Posibles causas	Consecuencias	Respuesta	Acciones
MAS	Caudal de entrada.	Fallo de la bomba. Obstrucción de la válvula. Fallo en el control de nivel.	Aumento del nivel del tanque, derrame. Aumento de la presión, rotura del tanque.	Alarma de nivel máximo. Disco de ruptura.	Revisión del control de nivel. Revisión de las bombas y las válvulas.
MENOS	Presión	Fallo en el control de temperatura. Fallo en el control de nivel. Obstrucción de las válvulas. Fuga en las tuberías.	Formación de vacío, deformación del equipo. Posibles derrames, rotura del equipo.	Control de nivel. Control de temperatura.	Revisión de las válvulas.
	Nivel	Error en el sensor de nivel. Fallo en la bomba o en las válvulas.	Derrame del fluido. Posible formación del vacío, deformación de las tuberías y del equipo.	Control de nivel.	Revisión del control de nivel. Revisión de las válvulas y las tuberías. Inspección de las bombas.
	Caudal	Fallo en las bombas. Obstrucción en las tuberías o en las válvulas.	Perturbación de la producción. Fuga en la tubería y derrame del fluido.	Control de nivel.	Inspección de las válvulas y las tuberías. Revisión de las bombas.
	Temperatura	Disminución de la presión.	Formación de vacío. Fuga de vapor calefactor.	Control de nivel. Control de temperatura	Revisión del sistema previo.

5.16 PLAN DE EMERGENCIA INTERIOR (P.E.I.)

Todo lo relativo en contenido a la elaboración e implantación de un Plan de Emergencia Interior viene recogido en la *NTP 791* (24).

Según la legislación, es de carácter obligatorio la elaboración de un plan de emergencia que dependa del tamaño y de la actividad de la empresa y para el cual se deberán analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, la lucha contra incendios y la evacuación del personal.

Está claro que la eliminación total de accidentes en una planta química es imposible o muy difícil de conseguir. Por esta razón es importante estar preparados delante de un accidente y no actuar de forma improvisada. La generación de un plan de emergencia permite reducir las consecuencias de los posibles accidentes.

Los objetivos del PEI son, principalmente, controlar y contener la situación para poder erradicar la emergencia lo más rápido posible. Por otro lado, debe conseguir proteger el personal que pueda verse afectado por el incidente.

En el caso de las plantas químicas, estas situaciones de emergencia se presentan en forma de accidentes como incendios, explosivos y fugas o derrames de sustancias peligrosas, como ya se ha comentado anteriormente. Se debe tener en cuenta que estos accidentes no solo afectan al personal de la planta, sino que pueden llegar a ocasionar consecuencias graves a los alrededores de la industria y al medio ambiente.

Para la posible elaboración de un buen y completo plan de emergencia es de vital importancia la realización de un análisis exhaustivo de los posibles riesgos potenciales que comporta la actividad de dicha industria. Un ejemplo de análisis de los posibles riesgos sería un análisis HAZOP, el cual se puede consultar en el **apartado 5.15.2 Análisis HAZOP**.

El dicho plan de emergencia consta de dos tipos de actuaciones:

- Las actuaciones destinadas a controlar la situación de emergencia con el mínimo tiempo posible para minimizar al máximo los daños a personas y bienes de la fábrica.
- Las actuaciones destinadas a la evacuación de las áreas afectadas de forma segura y correcta.

Para ejecutar el plan de emergencia con éxito, es preciso que se instalen y se revisen correctamente los sistemas de detección técnicos (detectores de humo, sensores de presión, alarmas, sistemas de comunicación por megafonía, etc.) y los equipos de actuación (boca de incendios, mangueras, bombas de impulsión, duchas de seguridad, extintores, etc.). También es importante la formación del personal de la planta para que ejecute la perfección el plan de emergencia mediante simulacros periódicos.

Los planes de emergencia deben estar establecidos por escrito y divulgados a todas las personas que trabajen dentro de la planta.

5.16.1 Organigrama del personal que gestiona las emergencias

El personal directamente involucrado en las tareas de actuación ante una situación de emergencia se organizará de acuerdo con el diagrama que se presenta a continuación.

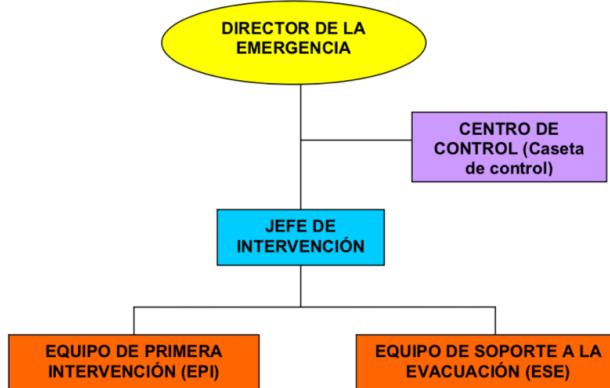


Figura 5.34. Organigrama de la dirección de una emergencia.

A partir del organigrama **Figura 5.33** se puede observar el personal involucrado en una emergencia.

- **Director de la emergencia:** Permanecerá en el Centro de control durante la situación de emergencia para la supervisión general de la misma.
- **Centro de control:** También denominado centralita o recepción. La persona ubicada en el centro de control es la encargada de recibir los avisos de emergencia y realizar los avisos derivados de ella.
- **Jefe de intervención:** Se encargará de dirigir las acciones del EPI, y hacer una primera evaluación de la situación.
- **Equipo de primera intervención (EPI):** Personal que realiza las acciones de primera intervención a fin de poner la totalidad de la instalación bajo seguridad.
- **Equipo de soporte a la evacuación (ESE):** Se encarga de controlar que la evacuación de las instalaciones se realice de forma correcta y a través de las vías y salidas adecuadas.

Durante la evolución de cualquier situación de emergencia que se produzca en las instalaciones, es obligatoria la presencia continua en el lugar del *Director de la Emergencia* o aquella persona en quien éste haya delegado. Esto implica que en el momento en que se desencadene una situación de emergencia será estrictamente necesario localizar al *Director de la Emergencia*, para lo cual se establece una cadena de mando.

5.16.2 Plan de Actuación en caso de emergencia

En caso de emergencia, a continuación, se detallan los pasos a seguir en caso de emergencia:

1. Se produce una situación de emergencia.
2. Una vez localizada la emergencia, se activará la alarma bien sea de forma automática (en caso de que haya equipos destinados a cumplir dicha función) o de forma manual (por parte de las personas de la empresa).

3. Será necesario confirmar que la activación de la alarma ha sido producida por una situación de peligro real y descartar así que se trate de una falsa alarma. Para ello será necesario saber quién informa, desde dónde informa, qué ha pasado y dónde ha ocurrido.
4. Se declarará el tipo de emergencia, es decir si se trata de un conato de emergencia (cuando la emergencia solo afecta a una zona concreta de la empresa y puede controlarse perfectamente con los equipos de primera intervención (EPI)), una emergencia parcial (situación no controlable con los equipos de primera intervención por lo que será necesario usar los equipos de segunda intervención (ESI) y ser necesaria una evacuación parcial de los trabajadores) o emergencia general (es necesario ayuda exterior porque los medios humanos y materiales de la empresa no son necesarios. Es necesaria evacuar a todos los trabajadores de la empresa).
5. Transmisión interna y/o externa de la emergencia que puede ser de palabra o usando sirenas, megafonía, el teléfono o la radio propios de la empresa. Los trabajadores deben conocer el sistema para identificar emergencias en la empresa.
6. Una vez evacuado de forma parcial o total el edificio, se haya actuado acorde los procedimientos señalizados y de haber pedido ayuda exterior en caso necesario, se declarará finalizada la emergencia.

Como se ha explicado, en algunos casos es necesaria la evacuación del personal de la empresa. Para llevar a cabo una buena evacuación es conveniente también conocer una serie de pasos para realizar la evacuación de forma correcta:

1. Una vez detectada la emergencia, el director del Plan de actuación de emergencia junto al jefe de intervención valorarán la situación y decidirán si se lleva a cabo un plan de evacuación parcial o total.
2. El responsable de comunicaciones debe informar a los equipos de emergencia, trabajadores y unidades externas de urgencia si es necesario. El orden de evacuación debe realizarse a través de las señales acústicas, lumínicas o comunicaciones verbales que pueden producirse de manera individual o simultánea.
3. Es necesario conocer el tiempo invertido en realizar la evacuación con la finalidad de reducirlo al máximo por ello es conveniente realizar como mínimo un simulacro al año.
4. Para evacuar el edificio, es necesario hacerlo de manera ordenada, siguiendo el procedimiento establecido, sin correr ni retroceder. Los responsables de cada planta o zona de la planta deben comprobar que todas las personas han sido evacuadas de la zona. Los evacuados se dirigirán a un punto de encuentro exterior a la empresa o planta y agruparse como se les haya indicado con el fin de que cada responsable haya un recuento de las personas presentes y compruebe sus identidades con la ayuda de una lista. En caso de que falte alguien se comunicará inmediatamente.

5.16.3 Primeros auxilios

En el caso de necesidad de primeros auxilios se debe acudir al local destinado a los primeros auxilios y otras posibles atenciones sanitarias. Allí se realizarán las primeras curas del personal de la planta que sean necesarios. El personal de la planta tiene que estar bien informado de los integrantes del Equipo de Primeros Auxilios (EPA) para poder acudir a ellos rápidamente durante cualquier urgencia.

Por otro lado, es importante informar de las lesiones y accidentes ocurridos en la planta al responsable de seguridad.

5.16.4 Iluminado de emergencia

En caso de que falle la iluminación general, se activará el iluminado de emergencia de forma automática garantizando una evacuación rápida, segura y sencilla de los ocupantes del edificio. Esta iluminación de emergencia es específica para la señalización de puertas, salidas y pasadizos de evacuación y tiene que ser continua para poder señalizar en todo momento el recorrido de evacuación.

5.16.5 Recuento del personal

En caso de evacuación de la planta se realizará un recuento de personal por parte de recursos humanos. Esto permitirá, conjuntamente con el registro de entrada del personal, saber si todo el personal que se encontraba en la planta se ha evacuado correctamente.

5.16.6 Categorización de los accidentes

Ante cualquier accidente, se ha de efectuar una primera evaluación. Para esto se debe conocer las diferentes categorías en las cuales se puede clasificar un accidente. Estas son:

- Categoría 1: Emergencia o accidente que se prevé no afectará al exterior de la instalación y que es posible atajar con el personal y los medios propios de la instalación en un breve espacio de tiempo.
- Categoría 2: Emergencia o accidente que se prevé que tenga como consecuencias posibles víctimas y daños materiales en la instalación industrial. Las repercusiones exteriores se limitan a daños leves o efectos adversos sobre el medio ambiente en zonas limitadas.

Hay que destacar que una emergencia de categoría 1 no contrarrestada adecuadamente en su origen puede evolucionar a una emergencia de categoría 2.

- Categoría 3: Emergencia o accidente que se prevé que tengan como consecuencia posibles víctimas, daños materiales graves o alteraciones graves del medio ambiente en zonas extensas, en el exterior de la instalación industrial.

Según el abaste que comporte el accidente también puede ser necesario el uso de un Plan de Emergencia Exterior. El Plan de Emergencia Exterior (PEE) se activará en el caso que se produzca un accidente en la industria que tenga, o pueda tener, repercusiones al exterior de la instalación, y que por lo tanto pueda comportar daños a las personas y/o efectos adversos al medio ambiente (Categoría 3). En caso de que el accidente sólo provoque daños en la instalación

industrial, la empresa activará su Plan de Emergencia Interior (PEI), siempre, no obstante, se comunicara a las autoridades.



Figura 5.35. Activación de los dos planes de emergencia según la categoría de accidente.

5.16.8 Mantenimiento de la operatividad del PEI

Difusión del PEI

Para la difusión del Plan de Emergencia Interior a todo el personal, consistirá en la realización de un curso de formación, el cual deberá ser de carácter obligatorio a todo el personal de las instalaciones.

Mantenimiento de la documentación

Para mantenimiento de la documentación relativa al PEI se realizará una actualización de la documentación a causa de variaciones o modificaciones del PEI siempre que sea necesario. Por otra parte, se llevará a cabo una revisión completa del Plan de Emergencia Interior anualmente, a fin de introducir las innovaciones tecnológicas en materia de seguridad, cambios organizativos estructurales, etc.

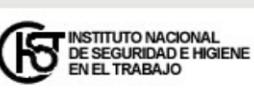
5.17 APÉNDICE

5.17.1 Hojas de seguridad

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ACETILENO

ICSC: 0089

					
				Etilo C ₂ H ₂	
				Masa molecular: 26.0 (botella)	
Nº ICSC 0089					
Nº CAS 74-86-2					
Nº RTECS AO9600000					
Nº NU 1001					
Nº CE 601-015-00-0					

TIPOS DE PELIGRO/EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Extremadamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, dejar que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos apagar con polvo, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra). Utilicense herramientas manuales no generadoras de chispas. Utilizar un apagallamas para evitar el retroceso de la llama desde el quemador a la botella.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua.
EXPOSICION			
• INHALACION	Vértigo. Embotamiento. Dolor de cabeza. Asfixia.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
• PIEL			
• OJOS			Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
• INGESTION		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	
DERRAMES Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO

Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Eliminar toda fuente de ignición. (Protección personal adicional: equipo autónomo de respiración).	A prueba de incendio. Separado de: Véanse Peligros Químicos. Mantener en lugar fresco.	NU (transporte): Ver pictogramas en cabecera. Botella especial aislada. Clasificación de Peligros NU: 2.1 CE: símbolo F+ R: 5-6-12 S: 2-9-16-33
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE		
ICSC: 0089	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2003	

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ACETILENO

ICSC: 0089

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FISICO: ASPECTO: Gas incoloro disuelto en acetona a presión</p> <p>PELIGROS FISICOS: El gas se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas.</p> <p>PELIGROS QUIMICOS: La sustancia puede polimerizar debido al calentamiento intenso. La sustancia se descompone al calentarla intensamente y aumentar la presión, causando peligro de incendio o explosión. La sustancia es un agente reductor fuerte y reacciona violentamente con oxidantes y con flúor o cloro bajo la influencia de luz, originando peligro de incendio y explosión. Reacciona con cobre, plata y mercurio o sus sales, formando compuestos sensibles a los choques (acetiluros).</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION: TLV: asfixiante simple (ACGIH 2003). MAK no establecido.</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION: La sustancia se puede absorber por inhalación.</p> <p>RIESGO DE INHALACION: Al producirse pérdidas en zonas confinadas, este gas puede originar asfixia por disminución del contenido de oxígeno del aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION: Asfixiante simple.</p>		
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: -85°C Punto de fusión: -81°C Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 0.12 Presión de vapor, kPa a 20°C: 4460 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.907	Punto de inflamación: gas inflamable Temperatura de autoignición: 305°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 2.5-100 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0.37		
DATOS AMBIENTALES				
N O T A S				
<p>El material de conducción de este gas no debe contener más del 63% de cobre. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona. Una vez utilizado para la soldadura, cerrar la válvula; verificar regularmente el estado de la tubería, etc., y comprobar si existen escapes utilizando agua y jabón. El producto técnico puede contener impurezas que alteren los efectos sobre la salud; para mayor información véase ICSC 0694 Fosfina.</p> <p>Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20S1001 Código NFPA: H 1; F 4; R 3;</p>				
INFORMACION ADICIONAL				

Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm	Última revisión IPCS: 2003 Traducción al español y actualización de valores límite y etiquetado: 2003 FISQ: 3-003
ICSC: 0089	ACETILENO
	© CE, IPCS, 2003

NOTA LEGAL
IMPORTANTE: Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

Fichas Internacionales de Seguridad Química

CLORURO DE HIDRÓGENO		ICSC: 0163	
Abril 2000			
Cloruro de hidrógeno, anhídrico		Ácido clorhídrico, anhídrico	
CAS: 7647-01-0	HCl		
RIECS: MW4025000	Masa molecular: 36,5		
NU: 1050			
CE Índice Anexo I: 017-002.00.2			
CE / BNECS: 231-595-7			
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSIÓN			En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua.
EXPOSICIÓN		EVITAR TODO CONTACTO	CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS
Inhalación	Corrosivo. Sensación de quemazón. Tos. Dificultad respiratoria. Jadeo. Dolor de garganta. Síntomas no inmediatos (véanse Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semícorporado. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
Piel	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.
Ojos	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.
Ingestión			
DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO		
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Eliminar el gas con agua pulverizada. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).	Clasificación UE Símbolo: T, C R: 23-35 S: (1/2)-9-26-36/37/39-45 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 2.3 Riesgos Subsidiarios de las NU: 8		
RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO		
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20S1050 Código NFPA: H 3; F 0; R 1;	Separado de sustancias combustibles y reductoras, oxidantes fuertes, bases fuertes, metales. Mantener en lugar fresco, seco y bien ventilado.		

IPCS

 International
Programme on
Chemical Safety


Fichas Internacionales de Seguridad Química

CLORURO DE HIDRÓGENO

ICSC: 0163

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FÍSICO; ASPECTO:

Gas licuado comprimido incoloro, de olor acre.

PELIGROS FÍSICOS:

El gas es más denso que el aire

PELIGROS QUÍMICOS:

La disolución en agua es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosiva. Reacciona violentamente con oxidantes formando gas tóxico de cloro (ver ICSC 0126). Ataca a muchos metales en presencia de agua formando gas inflamable/explosivo de hidrógeno (ver ICSC 0001).

LÍMITES DE EXPOSICIÓN:

TLV: 2 ppm (valor techo); A4 (ACGIH 2004).
MAK: 2 ppm, 3 mg/m³, Categoría de limitación de pico: I(2), Riesgo para el embarazo: grupo C (DFG 2004).

VÍAS DE EXPOSICIÓN:

La sustancia se puede absorber por inhalación.

RIESGO DE INHALACIÓN:

Al producirse una pérdida de gas se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:

La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La inhalación de altas concentraciones del gas puede originar neumonitis y edema pulmonar, dando lugar a síndrome de disfunción reactiva de las vías aéreas (RADS) (ver Notas). Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA:

La sustancia puede afectar al pulmón, dando lugar a bronquitis crónica. La sustancia puede causar erosiones dentales.

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición: -85 °C

Punto de fusión: -114 °C

Densidad: 1.00045 g/l (gas)

Solubilidad en agua, g/100 ml a 30 °C: 67

Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.3

Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0.25

DATOS AMBIENTALES

NOTAS

El valor límite de exposición laboral aplicable no debe superarse en ningún momento de la exposición en el trabajo. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. Debe considerarse la inmediata administración de un aerosol adecuado por un médico o persona por él autorizada. NO pulverizar con agua sobre la botella que tenga un escape (para evitar la corrosión de la misma). Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape. Otros números NU: 2186 (líquido refrigerado) clase de peligro: 2.3; riesgo subsidiario: 8; 1789 (ácido clorhídrico) clase de peligro: 8, grupo de envasado II o III. Las disoluciones acuosas pueden contener hasta un 38% de cloruro de hidrógeno. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en abril de 2005: ver Límites de exposición, Respuesta de Emergencia.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

VLA-ED: 5 ppm; 7,6 mg/m³

VLA-EC: 10 ppm, 15 mg/m³

Notas: Agente químico que tiene establecido un valor límite indicativo por la UE.

Nota legal

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

© IPCS, CE 2005

Fichas Internacionales de Seguridad Química

DICLORURO DE MERCURIO		ICSC: 0979	
Noviembre 2003			
 Cloruro de mercurio (I)  Cloruro de mercurio (II)			
CAS:	7487-94-7	HgCl ₂	
RTECS:	CV9100000	Masa molecular: 271.5	
NU:	1624		
CE/Indice Anexo I:	080-010-00-X		
CE/BINCS:	231-299-8		
 			
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.		En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado.
EXPLOSIÓN			
EXPOSICIÓN		EVITAR TODO CONTACTO	CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS
Inhalación	Tos. Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Jadeo.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semíncorporado. Proporcionar asistencia médica.
Piel	¡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.
Ojos	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.
Ingestión	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.
DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO		
Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. NO verterlo en el alcantarillado. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente; si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión. Recoger cuidadosamente el residuo, trasladarlo a continuación a un lugar seguro. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente.	No transportar con alimentos y piensos. Contaminante marino grave. Clasificación UE Símbolo: T+, N R: 28-34-48/24/25-50/53 S: (1/2)-36/37/39-45-60-61 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 6.1 Grupo de Envasado NU: II		
RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO		
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-61GT5-II	Separado de alimentos y piensos, metales ligeros. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas. Medidas para contener el efluente de extinción de incendios.		
IPCS International Programme on Chemical Safety WHO	 UNEP  		
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2005			
VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO			

Fichas Internacionales de Seguridad Química

DICLORURO DE MERCURIO

ICSC: 0979

DATOS IMPORTANTES	
ESTADO FÍSICO; ASPECTO: Cristales blancos o polvo.	VÍAS DE EXPOSICIÓN: La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol, a través de la piel y por ingestión.
PELIGROS QUÍMICOS: La sustancia se descompone debido al calentamiento intenso produciendo humos tóxicos de mercurio y cloro. Reacciona con metales ligeros.	RIESGO DE INHALACIÓN: La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire cuando se dispersa.
LÍMITES DE EXPOSICIÓN: TLV: (como Hg) 0.025 mg/m ³ como TWA; (piel): A4 (no clasificable como cancerígeno humano); BEI establecido (ACGIH 2008). MAK: (como Hg) 0.1 mg/m ³ ; Categoría de limitación de pico: II(8); Sh (sensibilización cutánea); Cancerígeno: categoría 3B; BAT establecido (DFG 2008).	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN: La sustancia irrita el tracto respiratorio y es corrosiva para los ojos y la piel. Corrosivo por ingestión. La sustancia puede afectar al tracto gastrointestinal y riñón, dando lugar a lesiones del tejido, fallo renal, colapso y muerte. Se recomienda vigilancia médica.
EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA: El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central, sistema nervioso periférico y riñón, dando lugar a ataxia, perturbaciones sensoriales y de memoria, fatiga, debilidad muscular y alteración renal.	
PROPIEDADES FÍSICAS	
Punto de ebullición: 302°C Punto de fusión: 276°C Densidad: 6.5 g/cm ³ Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 7.4 Presión de vapor, Pa a 20°C: 0.1	Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0.1
DATOS AMBIENTALES	
La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos. Puede producirse una bioacumulación de esta sustancia a lo largo de la cadena alimentaria, por ejemplo en los organismos acuáticos. La sustancia puede causar efectos prolongados en el medio acuático.	
NOTAS	
Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. NO llevar a casa la ropa de trabajo. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en noviembre de 2008: ver Límites de exposición, Almacenamiento.	
INFORMACIÓN ADICIONAL	
Límites de exposición profesional (INSHT 2013): VLA-ED: 0.02 mg/m ³ Notas: esta sustancia tiene establecidas restricciones a la fabricación, comercialización o al uso específicas en el Reglamento REACH. Agente químico que tiene establecido un valor límite indicativo por la UE; debe complementarse con una vigilancia sanitaria con control biológico de acuerdo con el artículo 6 del RD 374/2001. VLB: 30 µg/g creatinina en orina de mercurio inorgánico total; 10 µg/L en sangre de mercurio inorgánico total. Notas F,M.	
Nota legal	Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.
© IPCS, CE 2005	

Fichas Internacionales de Seguridad Química

 			
<small>Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2005</small>			
 WHO	 ILO	 UNEP	
 MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACIÓN	 INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO		

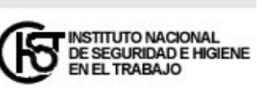
VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

Fichas Internacionales de Seguridad Química

DIBROMOMETANO

ICSC: 0354

     			
DIBROMOMETANO Bromuro de metíleno Dibromuro de metíleno CH_2Br_2 Masa molecular: 173.8			
Nº CAS 74-95-3 Nº RTECS PA7350000 Nº ICSC 0354 Nº NU 2664 Nº CE 602-003-00-8			
			
TIPOS DE PELIGRO/EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Combustible en condiciones específicas.	Evitar llama abierta.	En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones por pulverización con agua.
EXPOSICION			
• INHALACION	Vértigo, dolor de cabeza, paro respiratorio, náusea, vómitos, narcosis, diarrea, pesadez.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicado, (véanse Notas) y someter a atención médica.
• PIEL	¡PUEDE ABSORBERSE! Piel seca, enrojecimiento. (Para mayor información véase Inhalación).	Guantes protectores, traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y solicitar atención médica.
• OJOS	Enrojecimiento.	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 consultar a un médico.
• INGESTION	Irritación gastrointestinal. (Para mayor información véase Inhalación).	No comer, beber ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, provocar el vómito (¡UNICAMENTE EN PERSONAS CONSCIENTES!) y someter a atención médica.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes herméticos; recoger en la medida de lo posible el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos que no sean de aluminio. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. Eliminar a continuación con agua abundante. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).	Separado de oxidantes fuertes. Mantener en lugar frío. Ventilación a ras del suelo.	símbolo Xn R: 20-52/53 S: (2)-24-61 Clasificación de Peligros NU: 6.1 Grupo de Envasado NU: III CE:	
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 0354	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994		

Fichas Internacionales de Seguridad Química

DIBROMOMETANO

ICSC: 0354

D A T O S I M P O R T A N T E S	ESTADO FISICO; ASPECTO Líquido incoloro pesado.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y a través de la piel.
	PELIGROS FISICOS El vapor es más denso que el aire.	RIESGO DE INHALACION No puede indicarse la velocidad a la que se alcanza una concentración nociva en el aire por la evaporación de esta sustancia a 20°C.
	PELIGROS QUIMICOS En contacto con superficies calientes o con llamas esta sustancia se descompone formando humos irritantes (bromuro de hidrógeno). La sustancia se descompone al calentarla intensamente produciendo humos irritantes (bromuro de hidrógeno).	EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La sustancia puede tener efectos sobre el sistema nervioso, riñón e hígado. La exposición podría causar disminución de la conciencia.
	LIMITES DE EXPOSICION TLV no establecido. PDK: 10 mg/m ³ (URSS 1988).	EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 98°C Punto de fusión: -52.7°C Densidad relativa (agua = 1): 2.5 Solubilidad en agua, g/100 ml a 15°C: 11.7	Presión de vapor, kPa a 20°C: 5 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 6.0 Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.25
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
Durante la administración de los primeros auxilios, existe el riesgo de exposición a niveles tóxicos de la sustancia. Los datos disponibles sobre efectos de esta sustancia en la salud humana son insuficientes, por consiguiente debe procederse con sumo cuidado. Se puede volver combustible por la adición de pequeñas cantidades de una sustancia inflamable o por el aumento del contenido de oxígeno en el aire. NO utilizar cerca de un fuego, una superficie caliente o mientras se trabaja en soldadura.		
INFORMACION ADICIONAL		
FISQ: 1-076 DIBROMOMETANO		
ICSC: 0354	DIBROMOMETANO	© CCE, IPCS, 1994
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).	

© INSHT

Fichas Internacionales de Seguridad Química

1,2-DICLOROETANO		ICSC: 0250 Marzo 1995			
CAS:	107-06-2	Cloruro de etileno			
RIECS:	K10525000	OCH ₂ CH ₂ Cl / C ₂ HCl ₂			
NU:	1184	Masa molecular: 98.95			
CE Índice Anexo I:	602-012-00-7				
CE / BINECS:	203-458-1				
Cloruro de etileno					
		 			
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS		
INCENDIO	Altamente inflamable. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, agua pulverizada, espuma, dióxido de carbono.		
EXPLOSIÓN	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (p. ej. con conexión a tierra). NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.		
EXPOSICIÓN		¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!		
Inhalación	Dolor abdominal. Tos. Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas. Dolor de garganta. Pérdida del conocimiento. Vómitos. Síntomas no inmediatos (ver Notas)	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.		
Piel	Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón. Proporcionar asistencia médica.		
Ojos	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.		
Ingestión	Calambres abdominales. Diarrea. (Ver Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	No dar nada a beber. Proporcionar asistencia médica.		
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO			
¡Evacuar la zona de peligro! Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo en el alcantarillado. Protección personal: equipo autónomo de respiración.		Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos. Contaminante marino. Clasificación UE Símbolo: F, T R: 45-11-22-36/37/38; S: 53-45 Nota: E Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 3; Riesgos Subsidiarios de las NU: 6.1 Grupo de Envasado NU: II			
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO			
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30GTF1-II. Código NFPA: H2, F3, R0;		A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes, alimentos y piensos, materiales incompatibles. Ver Peligros Químicos. Mantener en lugar fresco y seco			
IPCS International Programme on Chemical Safety      INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO					
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2005					
VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO					

Fichas Internacionales de Seguridad Química

1,2-DICLOROETANO

ICSC: 0250

DATOS IMPORTANTES	
ESTADO FÍSICO; ASPECTO: Líquido viscoso incoloro, de olor característico. Vira a oscuro por exposición al aire, a la humedad y la luz.	VÍAS DE EXPOSICIÓN: La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor, a través de la piel y por ingestión.
PELIGROS FÍSICOS: El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.	RIESGO DE INHALACIÓN: Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.
PELIGROS QUÍMICOS: La sustancia se descompone al calentarla intensamente, y al arder produciendo humos tóxicos y corrosivos, incluyendo cloruro de hidrógeno (ICSC 0163) y fosgeno (ICSC 0007). Reacciona violentamente con aluminio, metales alcalinos, amidas alcalinas, amoníaco, bases, oxidantes fuertes. Ataca a muchos metales en presencia de agua. Ataca el plástico.	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN: El vapor irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La inhalación del vapor puede originar edema pulmonar (ver Notas). La sustancia puede afectar al sistema nervioso central, riñón e hígado, dando lugar a alteraciones funcionales.
LÍMITES DE EXPOSICIÓN: TLV: 10 ppm como TWA; A4 (no clasificable como cancerígeno humano) (ACGIH 2004). MAK: H (absorción dérmica), Cancerígeno: categoría 2 (DFG 2004).	EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA: El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. Esta sustancia es probablemente carcinógena para los seres humanos.
PROPIEDADES FÍSICAS	
Punto de ebullición: 83.5 °C Punto de fusión: -35.7 °C Densidad relativa (agua = 1): 1.235 Solubilidad en agua, g/100 ml: 0.87 Presión de vapor, kPa a 20 °C: 8.7 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.42	Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20 °C (aire = 1): 1.2 Punto de inflamación: 13 °C c.c. Temperatura de autoignición: 413 °C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 6.2-16 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 1.48
DATOS AMBIENTALES	
NOTAS	
<p>Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. Debe considerarse la inmediata administración de un aerosol adecuado por un médico o persona por él autorizada. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en octubre de 2005: ver Límites de exposición, Respuesta de emergencia</p>	
INFORMACIÓN ADICIONAL	
<p>Nota legal Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.</p>	
© IPCS, CE 2005	

5.18 Bibliografía

1. **Boletín Oficial del Estado. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado.** [En línea] <https://www.boe.es>.
2. **Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.** [En línea] <http://www.insht.es/portal/site/Insht/>.
3. **Sonia Tarín Sanchís, Alicia Huici Montagud, Xavier Guardino Solá. NTP 726: Clasificación y etiquetado de productos químicos: sistema mundialmente armonizado (GHS). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.** [En línea] 2004. [Citado el: 1 de Abril de 2018.] http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750/ntp_726.pdf.
4. **Ma José Berenguer Subils, Enrique Gadea Carrera. NTP 459: Peligrosidad de productos químicos: etiquetado y fichas de datos de seguridad. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.** [En línea] 1995. http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_459.pdf.
5. **Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. Boletín Oficial del Estado.** [En línea] 18 de Junio de 2003. <http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-12099&p=20030618&tn=1>.
6. **Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10. Boletín Oficial del Estado.** [En línea] 25 de Julio de 2017. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2017-8755#analisis.
7. **Planas, Dimas Rodríguez. NTP 786: Transporte de mercancías peligrosas por carretera: identificación e información de peligros. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.** [En línea] 2008. <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/786a820/786%20web.pdf>.
8. **Guerrero, Adolfo Pérez. NTP 363: Prevención de fugas en instalaciones (I): seguridad en proyecto. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo .** [En línea] 1992. http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_363.pdf.
9. **Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Boletín Oficial del Estado.** [En línea] 23 de Abril de 1997. <http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8668&p=20150704&tn=6>.
10. **Guerrero, Adolfo Pérez. NTP 511: Señales visuales de seguridad: aplicación práctica. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo .** [En línea] 1999. http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_511.pdf.

11. Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. *Boletín Oficial del Estado*. [En línea] 23 de Abril de 1997. <http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8669>.

12. Orden de 9 de marzo de 1971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. [En línea] 1971. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1971-380#analisis>.

13. Castañeda, Antonia Hernández. NTP 773: Equipos de protección individual de pies y piernas. Calzado. Generalidades. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. [En línea] 2007. <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/752a783/773%20.pdf>.

14. Fernando del Pino Lázaro, César Barrios Muñiz. NTP 228: Cascos de protección: Guías para la elección, uso y mantenimiento. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. [En línea] 1987. http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_228.pdf.

15. —. NTP 262: Protectores visuales contra impactos y/o salpicaduras: guías para la elección, uso y mantenimiento. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. [En línea] 1987. http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_262.pdf.

16. Juan Manuel Prieto Soler, Antonia Hernández Castañeda. NTP 787: Equipos de protección respiratoria: identificación de los filtros según sus tipos y clases. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. [En línea] 2008. <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/786a820/787a.pdf>.

17. Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. *Boletín Oficial del Estado*. [En línea] 21 de Junio de 2001. <http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-11881>.

18. Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. *Boletín Oficial del Estado*. [En línea] Junio de 2018. <http://www.boe.es/buscar/pdf/2004/BOE-A-2004-21216-consolidado.pdf>.

19. Don W. Green, Robert H. Perry. *Perry's chemical engineering handbook*. s.l. The McGraw-Hill Companies, Inc., 1934. ISBN 9780071422949.

20. Heat of combustion. *The Engineering toolbox*. [En línea] https://www.engineeringtoolbox.com/standard-heat-of-combustion-energy-content-d_1987.html.

21. Sierra, Emilio Turmo. NTP 680: Extinción de incendios: plan de revisión de equipos. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. [En línea] 2004.

http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_680.pdf.

22. Protección contra explosiones. RSBP. [En línea]
<http://www.iberfluid.com/uploads/productos/producto-0181-25675.pdf>.

23. Belloví, Manuel Bestratén. NTP 238: Los análisis de peligros y de operabilidad en instalaciones de proceso. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. [En línea] 1987.

http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_238.pdf.

24. García, Yolanda Iranzo. NTP 791: Planes de emergencia interior en la industria química. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. [En línea] 2008.
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/786a820/791%20web.pdf>.

25. Sierra, Emilio Turmo. NTP 766: Carga de fuego ponderada: parámetros de cálculo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo . [En línea] 2007.
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/752a783/ntp-766.pdf>.

26. Ma José Berenguer Subils, Enrique Gadea Carrera. NTP 635: Clasificación, envasado y etiquetado de las sustancias peligrosas. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. [En línea] 2003. [Citado el: 1 de Abril de 2018.]
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_635.pdf.

27. Achillides, Stephanos. Riesgos por explosiones Detección y valoración de riesgos; determinación de medidas . Asociación Internacional de la Seguridad Social. [En línea] Mayo de 2010. http://safety-work.org/fileadmin/safety-work/articles/Leitfaden_fuer_die_Gefährdungsbeurteilung_in_Klein_und_Mittelbetrieben/7_Risk_Assessment_explosions_ES.pdf.