



COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS

Bruselas, 25.8.2003  
COM(2003) 515 final

### **COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN**

**relativa a la guía de buenas prácticas de carácter no obligatorio para la aplicación de la Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas**

## COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN

### **relativa a la guía de buenas prácticas de carácter no obligatorio para la aplicación de la Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas**

En el artículo 11 de la Directiva 1999/92/CE<sup>1</sup> se establece que la Comisión debe elaborar directrices prácticas en forma de guía de buenas prácticas de carácter no obligatorio que sirva para ayudar a los Estados miembros, en el contexto de la aplicación de dicha Directiva, a preparar sus políticas nacionales de protección de la salud y la seguridad de los trabajadores y, especialmente, que trate los asuntos a que se refieren los artículos 3, 4, 5, 6, 7 y 8, así como el anexo I y la parte A del anexo II de dicha Directiva. Para cumplir esta obligación, la Comisión ha redactado una guía que recoge directrices sobre cuestiones relativas a: la prevención de las explosiones y la protección contra éstas; la evaluación de los riesgos de explosión; las obligaciones del empresario a fin de proteger la seguridad y la salud de los trabajadores; la obligación del empresario que tiene la responsabilidad del lugar de trabajo de coordinar la aplicación de todas las medidas cuando se encuentran en dicho lugar trabajadores de varias empresas; la subdivisión en zonas de las áreas en que pueden formarse las atmósferas explosivas; y la manera en que el empresario debe redactar el documento relativo a la protección contra las explosiones.

Para elaborar esta guía de buenas prácticas, la Comisión ha contado con la asistencia del Comité consultivo de seguridad, higiene y protección de la salud en el centro de trabajo, que emitió un dictamen favorable el 15 de mayo de 2003.

El Comité consultivo considera que esta guía aborda cuestiones esenciales, fundamentalmente las relativas a la identificación de los peligros, la evaluación de los riesgos y la definición de medidas específicas que han de adoptarse para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores expuestos al riesgo de atmósferas explosivas. Por otra parte, el Comité consultivo opina que la guía tiene en cuenta los aspectos que permiten la elaboración del documento denominado «Documento de protección contra explosiones», en particular por las PYME. Por último, el Comité consultivo piensa que la guía facilitará la labor del empresario que tiene la responsabilidad del lugar de trabajo donde pueden formarse atmósferas explosivas, en lo relativo a la adopción de las medidas y modalidades que permitan la coordinación necesaria cuando se encuentren en el mismo lugar de trabajo trabajadores de varias empresas.

De conformidad con el artículo 11 de la Directiva 1999/92/CE, la Comisión pide a los Estados miembros que tengan en cuenta en la mayor medida posible esta guía a la hora de elaborar sus políticas nacionales de protección de la salud y de la seguridad de los trabajadores, y que la divulguen lo más ampliamente posible en los medios interesados.

---

<sup>1</sup> DO L 23 de 28.1.2003.

CUBIERTA

**Guía de buenas prácticas de carácter no obligatorio para  
la aplicación  
de la Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del  
Consejo relativa a las disposiciones mínimas para la mejo-  
ra de la protección de la salud y la seguridad  
de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de  
atmósferas**

Comisión Europea  
DG Empleo y asuntos sociales  
Salud, seguridad e higiene en el trabajo

Versión final abril de 2003

## **Prefacio**

Crear más y mejores empleos ha sido siempre una meta de la Unión Europea. Este objetivo se adoptó oficialmente en el Consejo Europeo de Lisboa de marzo de 2000, y constituye uno de los elementos fundamentales para mejorar la calidad del trabajo.

Con objeto de afrontar los nuevos desafíos de la política social resultantes de la transformación tan radical que han sufrido la economía y la sociedad europeas, la Agenda de política social europea, refrendada por el Consejo Europeo de Niza, se basa en la necesidad de garantizar una interacción positiva y dinámica entre las políticas económicas, sociales y de empleo. Esta Agenda debe reforzar el papel de la política social y, al mismo tiempo, aumentar su efectividad para velar por la protección de las personas, la disminución de las desigualdades y la cohesión social. El Consejo Europeo de Estocolmo se refirió a la calidad del trabajo —el deseo, no sólo de defender las normas mínimas, sino de mejorarlas y procurar una distribución del progreso más equitativa— como elemento fundamental para recuperar el pleno empleo. En este contexto, la seguridad y la salud en el trabajo constituye una de las cuestiones de política social en las que la Unión Europea ha concentrado sus esfuerzos.

Afortunadamente, las explosiones y los incendios no suelen ser las causas más habituales de accidentes en el trabajo. No obstante, sus consecuencias son espectaculares y dramáticas por lo que se refiere a la pérdida de vidas humanas y los costes económicos.

La necesidad de disminuir la incidencia de las explosiones y los incendios en el trabajo se basa en consideraciones tanto humanitarias como económicas, y ha sido el motivo de la adopción por parte del Parlamento Europeo y del Consejo de la Directiva ATEX 1999/92/CE. Las consideraciones humanitarias son evidentes: las explosiones y los incendios pueden provocar lesiones graves y muertes. Las consideraciones económicas figuran en todos los estudios sobre los costes reales de los accidentes, en los que se pone de manifiesto que una mejor gestión del riesgo (salud y seguridad) puede incrementar considerablemente los beneficios de las empresas. Esta última afirmación es especialmente cierta en el caso de la prevención de explosiones.

La adopción de medidas legislativas constituye parte del compromiso de que la salud y la seguridad de los trabajadores en el trabajo se incluya en el planteamiento general del bienestar en el entorno laboral. La Comisión Europea combina una variedad de instrumentos para consolidar una verdadera cultura de prevención del riesgo.

Uno de tales instrumentos es esta Guía de buenas prácticas. Su mandato fue otorgado por el Parlamento Europeo y el Consejo en el artículo 11 de la Directiva ATEX: La Comisión elaborará directrices prácticas que figurarán en una guía de buenas prácticas de carácter no obligatorio, la cual podrá servir de base para las guías nacionales destinadas a ayudar a las pequeñas y medianas empresas a mejorar tanto la seguridad como la rentabilidad.

Por último, me gustaría aprovechar esta ocasión para instar a todos los que intervienen en la salud y la seguridad, especialmente las autoridades nacionales y los empleadores, a que apliquen esta Directiva con responsabilidad y firmeza para evitar o, por lo menos, reducir al mínimo los riesgos que se derivan de las atmósferas explosivas, y a que creen un ambiente de trabajo saludable.

Odile Quintin  
Directora General

# Índice

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1.      | Aplicación de la presente Guía de Buenas Prácticas.....   | 1  |
| 1.1     | Referencia a la Directiva 1999/92/CE.....   | 5  |
| 1.2     | Ámbito de aplicación de la guía.....  | 5  |
| 1.3     | Normativa vigente e información complementaria.....   | 6  |
| 1.4     | Servicios de asesoramiento oficiales y no oficiales.....  | 7  |
| 2.      | Evaluación de los riesgos de explosión.....   | 7  |
| 2.1     | Métodos.....  | 8  |
| 2.2     | Parámetros de evaluación.....   | 9  |
| 2.2.1   | ¿Hay presencia de sustancias inflamables?.....  | 11 |
| 2.2.2   | ¿Puede la suficiente dispersión en aire producir una atmósfera explosiva?.....                                | 11 |
| 2.2.3   | ¿Dónde puede formarse una atmósfera explosiva?.....   | 13 |
| 2.2.4   | ¿Es posible la formación de una atmósfera explosiva peligrosa?.....   | 15 |
| 2.2.5   | ¿Se previene de manera fiable la formación de atmósferas explosivas peligrosas?.....                          | 16 |
| 2.2.6   | ¿Se previene de forma fiable la ignición de atmósferas explosivas peligrosas?.....                            | 16 |
| 3.      | Medidas técnicas de protección contra explosiones.....  | 16 |
| 3.1     | Prevención de atmósferas explosivas peligrosas.....   | 17 |
| 3.1.1   | Sustitución de las sustancias inflamables.....  | 17 |
| 3.1.2   | Limitación de la concentración.....   | 17 |
| 3.1.3   | Inertización.....   | 17 |
| 3.1.4   | Prevención o reducción de la formación de atmósfera explosiva en las inmediaciones de instalaciones.....      | 18 |
| 3.1.4.1 | Medidas para eliminar los depósitos de polvo.....   | 19 |
| 3.1.5   | Utilización de aparatos detectores avisadores de gas.....   | 20 |
| 3.2     | Prevención de las fuentes de ignición.....  | 21 |
| 3.2.1   | Áreas de riesgo: clasificación en zonas.....  | 21 |
| 3.2.2   | Alcance de las medidas de protección.....   | 24 |
| 3.2.3   | Tipos de fuentes de ignición.....   | 25 |
| 3.3     | Limitación de los efectos de las explosiones (protección mediante construcción resistente).....               | 28 |
| 3.3.1   | Construcción resistente a la explosión.....   | 29 |
| 3.3.2   | Descarga de la explosión.....   | 29 |
| 3.3.3   | Supresión de explosiones.....   | 30 |
| 3.3.4   | Prevención de la propagación de la explosión (aislamiento e interrupción de la explosión, "desconexión")..... | 31 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.4   | Aplicación de sistemas de control de procesos .....                         | 33 |
| 3.5   | Requisitos para los equipos de trabajo .....                                | 35 |
| 3.5.1 | Selección de los equipos de trabajo .....                                   | 35 |
| 3.5.2 | Ensamblado de los equipos de trabajo .....                                  | 37 |
| 4.    | Medidas organizativas para la protección contra explosiones .....           | 37 |
| 4.1   | Instrucciones de servicio .....   | 39 |
| 4.2   | Cualificación suficiente de los trabajadores .....                          | 39 |
| 4.3   | Formación de los trabajadores .....   | 39 |
| 4.4   | Vigilancia de los trabajadores .....  | 40 |
| 4.5   | Sistema de permiso de trabajo .....   | 40 |
| 4.6   | Mantenimiento .....   | 40 |
| 4.7   | Examen y comprobación .....   | 41 |
| 4.8   | Señalización de las atmósferas potencialmente explosivas .....              | 42 |
| 5.    | Obligaciones de coordinación .....  | 43 |
| 5.1   | Modalidades de coordinación .....   | 43 |
| 5.2   | Medidas de protección para la colaboración segura .....                     | 44 |
| 6.    | Documento de protección contra explosiones .....                            | 45 |
| 6.1   | Requisitos derivados de la Directiva 1999/92/CE .....                       | 45 |
| 6.2   | Puesta en práctica .....  | 46 |
| 6.3   | Estructura tipo de un documento de protección contra explosiones .....      | 46 |
| 6.3.1 | Descripción del lugar de trabajo y de los sectores de actividad .....       | 46 |
| 6.3.2 | Descripción de los procesos y/o actividades .....                           | 47 |
| 6.3.3 | Descripción de las sustancias utilizadas / parámetros de seguridad .....    | 47 |
| 6.3.4 | Presentación de los resultados de la evaluación de riesgos .....            | 47 |
| 6.3.5 | Medidas de protección adoptadas para la protección contra explosiones ..... | 47 |
| 6.3.6 | Realización de las medidas de protección contra explosiones .....           | 48 |
| 6.3.7 | Coordinación de las medidas de protección contra explosiones .....          | 48 |
| 6.3.8 | Anexo del documento de protección contra explosiones .....                  | 48 |

|   |    |
|---|----|
| ANEXOS.....   | 49 |
| A.1 Glosario .....  | 49 |
| A.2 Disposiciones y fuentes de información complementarias sobre protección contra explosiones.....   | 54 |
| A.2.1 Directivas y directrices europeas.....  | 54 |
| A.2.2 Disposiciones nacionales de los Estados miembros europeos para la transposición de la Directiva 1999/92/CE ( <i>texto en cursiva a completar por la Comisión</i> )..... | 55 |
| A.2.3 Selección de normas europeas.....   | 56 |
| A.2.4 Disposiciones nacionales y documentación complementaria ( <i>a completar por los servicios nacionales</i> ).....  | 57 |
| A.2.5 Servicios nacionales de asesoramiento ( <i>a completar por los servicios nacionales</i> ).....  | 57 |
| A.3 Formularios tipo y listas de comprobación .....   | 57 |
| A.3.1 Lista de comprobación »Protección contra explosiones en el interior de aparatos«.....   | 58 |
| A.3.2 Lista de comprobación »Protección contra explosiones en el entorno de aparatos«.....  | 61 |
| A.3.3 Modelo »Permiso para efectuar trabajos con fuentes de ignición en ámbitos con atmósfera explosiva«.....   | 63 |
| A.3.4 Lista de comprobación »Medidas de coordinación para la protección contra explosiones en el trabajo«.....  | 64 |
| A.3.5 Lista de comprobación »Tareas del coordinador para la protección contra explosiones en el trabajo«.....   | 65 |
| A.3.6 Lista de comprobación »Integridad del documento de protección contra explosiones« .....   | 66 |
| A.4 Inserción por la Comisión del texto de la Directiva en la lengua respectiva de cada país .....  | 69 |

## Introducción

La protección contra explosiones reviste una particular importancia para la seguridad, puesto que las explosiones amenazan las vidas y la salud de los trabajadores por los efectos incontrolados de las llamas y de las presiones, la presencia de productos de reacción nocivos, así como el consumo del oxígeno ambiental respirado por los trabajadores.

Por esta razón, el establecimiento de una estrategia coherente para la prevención de explosiones requiere la adopción de medidas organizativas en el lugar de trabajo. La Directiva marco 89/391/CEE<sup>1</sup> exige que el empresario aplique las medidas necesarias para la seguridad y salud de los trabajadores, incluida la prevención de riesgos profesionales, la información y la formación, así como la implantación de la organización y de los medios necesarios.

Debe destacarse en que el cumplimiento de los requisitos mínimos expuestos en la Directiva no garantiza el cumplimiento de la legislación nacional pertinente. La Directiva se adoptó en virtud del artículo 137 del Tratado constitutivo de la Comunidad Europea, y este artículo establece expresamente que no impide a los Estados miembros mantener o introducir medidas de protección más estrictas compatibles con el Tratado.

### 1. Aplicación de la presente Guía de Buenas Prácticas

Los riesgos de explosión pueden hacer su aparición en cualquier empresa en que se manipulen sustancias inflamables. Entre éstas figuran numerosos insumos, productos intermedios, productos acabados y materias residuales de los procesos de trabajo cotidianos, como muestra la figura 1:

La presente Guía de Buenas Prácticas debe utilizarse en conjunción con la Directiva 1999/92/CE<sup>2</sup>, la Directiva marco 89/391/CEE y la Directiva 94/9/CE<sup>3</sup>.

La Directiva 1999/92/CE fija los requisitos mínimos para mejorar la seguridad y la protección de la salud de los trabajadores potencialmente expuestos al riesgo de atmósferas explosivas. El artículo 11 de esta Directiva exige a la Comisión que elabore orientaciones prácticas en una guía de buenas prácticas de carácter no vinculante.

---

<sup>1</sup> Directiva del Consejo, de 12 de junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo, DO L183 de 29.6.1989, p. 1.

<sup>2</sup> Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 1999, relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas, DO L 23 de 28.1.2000, p. 57.

<sup>3</sup> Directiva 94/9/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de marzo de 1994, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas, DO L100 de 19.4.1994, p. 1.





**Figura 1:** Ejemplos de formación de atmósfera explosiva<sup>4</sup>

La guía está pensada en primer lugar para asistir a los Estados miembros a elaborar sus políticas nacionales en materia de protección de la salud y seguridad de los trabajadores.

Por ello, su objetivo consiste en permitirle al *empresario*, y particularmente a las pequeñas y medianas empresas (PYME), realizar las siguientes funciones de protección contra explosiones:

**determinar los peligros y valorar los riesgos;**

**fijar medidas específicas para proteger la seguridad y salud de los *trabajadores* expuestos al riesgo de *atmósferas explosivas*;**

**garantizar un entorno de trabajo seguro y velar por una vigilancia apropiada durante la presencia de *trabajadores* en proporción con la valoración de riesgos;**








**determinar las necesarias medidas y modalidades de coordinación cuando trabajen varias empresas en un mismo emplazamiento; y**



**elaborar un documento de protección contra explosiones.**

El riesgo de formación de una *atmósfera explosiva* existe en los procesos y procedimientos de trabajo más diversos, por lo que afecta a casi todos los ramos de actividad. Véanse algunos ejemplos en el cuadro 1.1.

<sup>4</sup> Del prospecto de la AISS „*Gas Explosions*“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, Asociación Internacional de la Seguridad Social (AISS), Heidelberg, Alemania].

**Cuadro 1.1:** Ejemplos de riesgos de explosión en diferentes ramos de actividad

|   | <b>Ramo</b>                          | <b>Ejemplos de riesgo de explosión</b>   |
|---|--------------------------------------|--|
|    | Industria química                    | En la industria química se transforman y emplean gases, líquidos y sólidos inflamables en multitud de procesos. En estos procesos pueden formarse mezclas explosivas.  |
|    | Vertederos e ingeniería civil        | En los vertederos pueden formarse gases inflamables. Para evitar que éstos escapen de manera incontrolada y puedan llegar a encenderse, se requieren importantes medidas técnicas. En túneles mal ventilados, sótanos, etc. pueden acumularse gases inflamables de fuentes diversas. |
|    | Compañías de generación de energía   | Con el transporte, la molienda y el secado de carbones troceados, no explosivos en contacto con el aire, se generan polvos de carbón que sí pueden formar mezclas explosivas polvo/aire.   |
|    | Compañías de eliminación de residuos | Los gases de digestión generados en el tratamiento de aguas residuales en depuradoras pueden formar mezclas explosivas gas/aire.   |
|   | Compañías de suministro de gas       | En caso de escapes de gas natural por fugas o similar pueden formarse mezclas explosivas gas/aire.   |
|  | Industria de trabajo de la madera    | En el trabajo de piezas de madera se generan polvos de madera que pueden formar mezclas explosivas polvo/aire, p.ej. en filtros o en silos.  |
|  | Talleres de esmaltado                | La neblina de pulverización que se forma en el esmaltado de superficies con pistolas de pintura en cabinas de lacado, al igual que los vapores de disolventes liberados, puede provocar una atmósfera explosiva en contacto con el aire.   |
|  | Agricultura                          | En algunas explotaciones agrícolas se utilizan instalaciones de generación de biogás. En caso de liberarse biogás, p. ej. debido a fugas, pueden formarse mezclas explosivas biogás/aire.  |
|  | Elaboración de metales               | En la fabricación de piezas de moldeo metálicas, su tratamiento de superficie (amolado) puede generar polvos metálicos explosivos, sobre todo en el caso de los metales ligeros. Estos polvos metálicos pueden provocar riesgos de explosión en separadores.                         |
|  | Industria alimentaria                | El transporte y almacenamiento de cereales en grano, azúcar, etc. puede generar polvos explosivos. Si éstos se aspiran y separan en filtros, puede aparecer una atmósfera explosiva en el filtro.  |
|  | Industria farmacéutica               | En la producción farmacéutica a menudo se emplean alcoholes como disolventes. También pueden utilizarse sustancias activas y auxiliares explosivas, p.ej. lactosa.   |

|   |                       |   |
|---|-----------------------|---|
|  | Refinerías            | Los hidrocarburos manejados en las refinerías son todos ellos inflamables y, según su punto de inflamación, pueden provocar atmósferas explosivas incluso a temperatura ambiente. El entorno de los equipos de transformación petrolífera casi siempre se considera zona con riesgo de explosión. |
|  | Empresas de reciclado | El tratamiento de residuos reciclables puede entrañar riesgos de explosión por envases no vaciados por completo de su contenido de gases o líquidos inflamables o por polvos de papel o materias plásticas.   |

La explosión se produce en presencia de un **producto combustible** mezclado con **aire** (es decir, suficiente oxígeno) dentro de los *límites de explosividad* y de una **fuerza de ignición** (véase la **figura 1.2**). Nótese que la Directiva tiene una definición particular de "explosión" que comprende los fuegos en los cuales la combustión se propaga a toda la mezcla sin quemar.



**Figura 1.2:** Triángulo de explosión

En caso de explosión, los trabajadores se hallan en peligro por los efectos de las llamas o presiones incontroladas en forma de radiación térmica, llamaradas, ondas de choque y proyección de cascotes, así como productos de reacción nocivos, y por la falta de oxígeno para respirar.

- Ejemplos:**
1. Durante unos trabajos de limpieza, se produjo una explosión en el interior de una planta de caldera alimentada con carbón. Los dos trabajadores sufrieron quemaduras mortales. La causa del accidente fue una lámpara con un cable conector defectuoso que provocó un cortocircuito y la ignición del polvo arremolinado.
  2. En un mezclador se estaban mezclando polvos humedecidos con disolventes. El trabajador no inertizó suficientemente el mezclador antes de iniciar el proceso. Durante el llenado se produjo una mezcla explosiva de vapor de disolvente y aire que fue encendida por las chispas electrostáticas generadas durante este proceso de llenado. También este trabajador sufrió quemaduras graves.
  3. En un edificio de molienda se produjo un incendio que se propagó a través de los pasatechos existentes y provocó una explosión de polvo. Resultaron heridos cuatro trabajadores y el edificio quedó totalmente destruido. Los daños materiales se elevaron a 600.000 euros.

Las presente guía tiene carácter orientativo y pretende ayudar a proteger la vida y la salud de los trabajadores contra los peligros de una explosión.

## 1.1 Referencia a la Directiva 1999/92/CE

En cumplimiento del artículo 11 de la Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los *trabajadores* expuestos a los riesgos derivados de *atmósferas explosivas*, la presente guía aborda los artículos 3, 4, 5, 6, 7 y 8, el anexo I y el apartado A del anexo II de dicha Directiva (véase el anexo 4). En el cuadro 1.2 figura la correlación entre los capítulos de la guía y los artículos y anexos de la Directiva.

**Cuadro 1.2:** Relación entre los diferentes artículos de la Directiva y los capítulos de la guía (el texto original de los artículos de la Directiva aquí citados figuran en el anexo 4)

| Artículo de la Directiva 1999/92/CE | Título   | Capítulo de la guía   |
|-------------------------------------|--|---|
| Art. 2                              | Definición   | Anexo 1: Glosario   |
| Art. 3                              | Prevención de explosiones y protección contra las mismas | 3.1 Prevención de atmósferas explosivas<br>3.3 Limitación de los efectos<br>3.4 Aplicación de sistemas de control de procesos<br>3.5 Requisitos para los equipos de trabajo |
| Art. 4                              | Evaluación de los riesgos de explosión                   | 2. Evaluación de los riesgos de explosión   |
| Art. 5                              | Obligaciones generales                                   | 4. Medidas organizativas  |
| Art. 6                              | Obligación de coordinación                               | 5. Obligaciones de coordinación   |
| Art. 7, Anexo I, Anexo II           | Áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas   | 3.2 Prevención de las fuentes de ignición   |
| Art. 8                              | Documento de protección contra explosiones               | 6. Documento de protección contra explosiones   |

Para facilitar la aplicación de la guía, el orden de sus capítulos se ha modificado en dos puntos con respecto al seguido en los artículos de la Directiva 1999/92/CE:

1. Evaluación de los riesgos de explosión en el capítulo 2 (artículo 4 de la Directiva) antes de la aplicación de medidas de protección contra explosiones (artículos 3, 5, 6 y 7 de la Directiva),
2. Las medidas para prevenir la ignición de las *atmósferas explosivas peligrosas* se presentan en el capítulo 3.2 (artículo 7, anexos I y II de la Directiva) como parte de las medidas técnicas de protección contra explosiones del capítulo 3 (artículo 3 de la Directiva).

## 1.2 Ámbito de aplicación de la guía

La guía va dirigida a todas las empresas en las que la manipulación de sustancias inflamables puede dar lugar a la formación de *atmósferas explosivas peligrosas* y que, por ello, están expuestas a riesgos de explosión. La guía se aplica a la manipulación en *condiciones atmosféricas*. La manipulación incluye la fabricación, el tratamiento, la transformación, la destrucción, el almacenamiento, la puesta a disposición, el trasiego y el transporte dentro de la empresa en tuberías o con otros medios auxiliares.

|  |
|--|
| <b>Nota:</b> De conformidad con la definición legal de "atmósfera explosiva" dada en la Directiva 1999/92/CE, la guía sólo es aplicable en <i>condiciones atmosféricas</i> . Así pues, tanto la Directiva como la guía no son aplicables en condiciones no atmosféricas, aunque esto no exime al empresario de sus obligaciones en materia de protección contra explosiones. En tal caso seguirán siendo aplicables las demás normas de seguridad en el trabajo. |
|--|

La descripción de los aspectos de la protección contra explosiones abordados en los diferentes capítulos de la guía se desarrolla en un enfoque dirigido sobre todo a las empresas pequeñas y medianas. Por este motivo, la guía se concentra en la comunicación de conocimientos y principios básicos, que se ilustran con breves ejemplos a lo largo del texto. En el anexo 3 se ofrecen aclaraciones más detalladas para las empresas en forma de formularios tipo y listas de comprobación. Además, se remite a la normativa técnica y a la bibliografía complementaria contenida en el anexo 2.

De conformidad con el artículo 1 de la Directiva 1999/92/CE, la guía no es aplicable a:

**las áreas utilizadas directamente para el tratamiento médico de pacientes y durante dicho tratamiento;**

**la utilización de aparatos de gas conforme a la Directiva 90/396/CEE;**

**la manipulación de explosivos o sustancias químicamente inestables;**

**las industrias extractivas sometidas a las Directivas 92/91/CEE o 92/104/CEE,**

**la utilización de medios de transporte terrestre, marítimo y aéreo, a los que se aplican las disposiciones correspondientes de convenios internacionales (por ejemplo, ADN, ADR, OACI, OMI, RID), así como las directivas comunitarias que dan efecto a dichos convenios. No se excluyen los medios de transporte destinados a atmósferas potencialmente explosivas.**

Por lo que respecta a la puesta en circulación y en servicio, así como a la constitución de los aparatos y los sistemas de protección para uso en *atmósferas potencialmente explosivas*, se remite a la Directiva 94/9/CE.

### **1.3 Normativa vigente e información complementaria**

La aplicación de la presente guía no basta para cumplir la normativa legal de los distintos Estados miembros en *el* terreno de la protección contra explosiones. Es necesario observar las disposiciones nacionales de los Estados miembros para la transposición de la Directiva 1999/92/CE, que pueden ser más estrictas que las disposiciones mínimas en que se basa la guía. Para el cumplimiento de las obligaciones derivadas del artículo 8 de la Directiva 1999/92/CE, es decir, diseño de los equipos nuevos con arreglo a la Directiva 94/9/CE, resulta de utilidad consultar los sitios *web* siguientes dedicados a la Directiva ATEX 94/9/CE:

- <http://europa.eu.int/comm/enterprise/atex/index.htm>

- <http://europa.eu.int/comm/enterprise/atex/whatsnew.htm>

Más allá de esto, y para facilitar la aplicación de las disposiciones con ayuda de medidas técnicas y organizativas, existen normas europeas (EN) que pueden adquirirse en los institutos nacionales de normalización. En el anexo 2.2 figura una lista de estas normas.

También puede obtenerse información adicional en las normas y disposiciones nacionales y en la bibliografía existente sobre este tema. Si los organismos nacionales responsables en los Estados miembros consideran útil incluir alguna de estas publicaciones en la guía, puede buscarse la referencia correspondiente en el anexo 2.3. No obstante, la inclusión de una publicación en el anexo no significa necesariamente que todo su contenido se corresponda plenamente con la guía.

## 1.4 Servicios de asesoramiento oficiales y no oficiales

Si la aplicación de las disposiciones en materia de protección contra explosiones suscita preguntas sin respuesta en la guía, hay que dirigirse a los servicios de información locales. Entre éstos figuran la administración regional de seguridad en el trabajo, las entidades de seguro de accidentes o mutualidades profesionales o, en su caso, las cámaras de industria o de comercio.

## 2. Evaluación de los riesgos de explosión

Siempre que sea posible, el empresario debe impedir la aparición de atmósferas explosivas. Para cumplir este principio supremo según el artículo 3 de la Directiva 1999/92/CE, al valorar los riesgos de explosión hay que examinar en primer lugar si, en las circunstancias reinantes, se puede formar una atmósfera explosiva peligrosa. A continuación debe examinarse si ésta se puede encender.

Este proceso de valoración debe referirse siempre a cada caso concreto y no puede generalizarse. Hay que estudiar, de conformidad con el artículo 4 de la Directiva 1999/92/CE, la probabilidad y duración de la aparición de una atmósfera explosiva peligrosa, la probabilidad de la presencia y activación de focos de ignición, las instalaciones, las sustancias empleadas, los procesos industriales y sus posibles interacciones, así como las proporciones de los efectos previsibles.

**Nota:** La evaluación de los riesgos de explosión se centra en primer lugar en:

- **la formación de atmósferas explosivas peligrosas**  
además de la
- **existencia y activación de fuentes de ignición.**

La consideración de los efectos tiene una importancia secundaria en el proceso de valoración, pues en caso de explosión siempre cabe esperar daños de gran envergadura, desde importantes daños materiales hasta heridos y muertos. En la protección contra explosiones, los planteamientos cuantitativos de los riesgos deben ir por detrás de la prevención de las atmósferas explosivas peligrosas.

Se requiere una evaluación individual para cada proceso de trabajo o producción, así como para cada régimen de funcionamiento de una instalación y su modificación. Al valorar instalaciones nuevas o existentes deben tenerse en cuenta los estados operativos siguientes:

- las condiciones de funcionamiento normales, incluidos los trabajos de mantenimiento, el arranque y la parada;**
- las averías y los estados defectuosos previsibles;**
- los errores de manipulación previsibles.**

Los riesgos de explosión también deben valorarse en su conjunto. Son determinantes:

- los equipos de trabajo utilizados;**
- las características de construcción;**
- las materias utilizadas;**
- las condiciones de trabajo y de los procedimientos y**
- las posibles interacciones de estos elementos entre sí y con el entorno de trabajo.**

Deben considerarse asimismo los ámbitos que están o pueden quedar comunicados con las áreas de riesgo a través de aberturas.

Si la *atmósfera explosiva* contiene diferentes tipos de gases, vapores, nieblas o polvos inflamables, esto debe tenerse debidamente en cuenta en la valoración de los riesgos de explosión. Los efectos de la explosión pueden ser considerablemente mayores, por ejemplo, en presencia de *mezclas híbridas*.

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Advertencia:</b> | De una manera general, las mezclas híbridas de nieblas o polvos con gases y/o vapores pueden formar una atmósfera explosiva incluso cuando la concentración de las distintas materias inflamables aún esté por debajo de su <i>límite inferior de explosividad</i> .<br><br>Además, debe evaluarse el riesgo de que los equipos de detección se vean afectados de manera adversa por una de las fases (p.ej. "intoxicación" de los catalizadores por nieblas). |
|---------------------|--|

## 2.1 Métodos

Los métodos más adecuados para valorar los procesos de trabajo o las instalaciones técnicas en cuanto a su riesgo de explosión son aquellos que contribuyen a examinar la seguridad de instalaciones y procedimientos de una manera sistemática. En este contexto, sistemático significa que se procede de manera estructurada, con criterios objetivos y lógicos. Se examina la existencia de fuentes de riesgo que puedan dar lugar a la formación de *atmósferas explosivas peligrosas* y a la posible aparición simultánea de fuentes de ignición efectivas.

En la práctica, generalmente suele bastar la determinación y valoración sistemáticas del riesgo de explosión mediante una secuencia de preguntas específicas. En el apartado 2.2 se describe un procedimiento sencillo con ayuda de parámetros de evaluación característicos.

|              |   |
|--------------|---|
| <b>Nota:</b> | En la protección contra explosiones, el recurso a otros procedimientos de evaluación como los descritos en la bibliografía específica para identificar las fuentes de riesgo (p.ej. utilización de listas de comprobación, análisis de los modos y efectos de fallos, análisis de errores de manipulación, análisis de riesgos y operabilidad tipo HAZOP) o para la valoración de fuentes de riesgo (p. ej. análisis secuencial de averías o análisis del árbol de fallos) sólo resulta útil en casos excepcionales, por ejemplo para determinar las fuentes de ignición en instalaciones técnicas complejas. |
|--------------|---|

## 2.2 Parámetros de evaluación

La valoración de los riesgos de explosión se efectuará independientemente de la pregunta concreta de si hay o puede haber fuentes de ignición presentes.

Para que pueda producirse una explosión con efectos peligrosos, deben darse las cuatro condiciones simultáneas siguientes:

**elevado grado de dispersión de las sustancias inflamables;**

**concentración de las sustancias inflamables en oxígeno dentro de sus *límites de explosividad* combinados;**

***cantidad peligrosa* de atmósfera explosiva;**

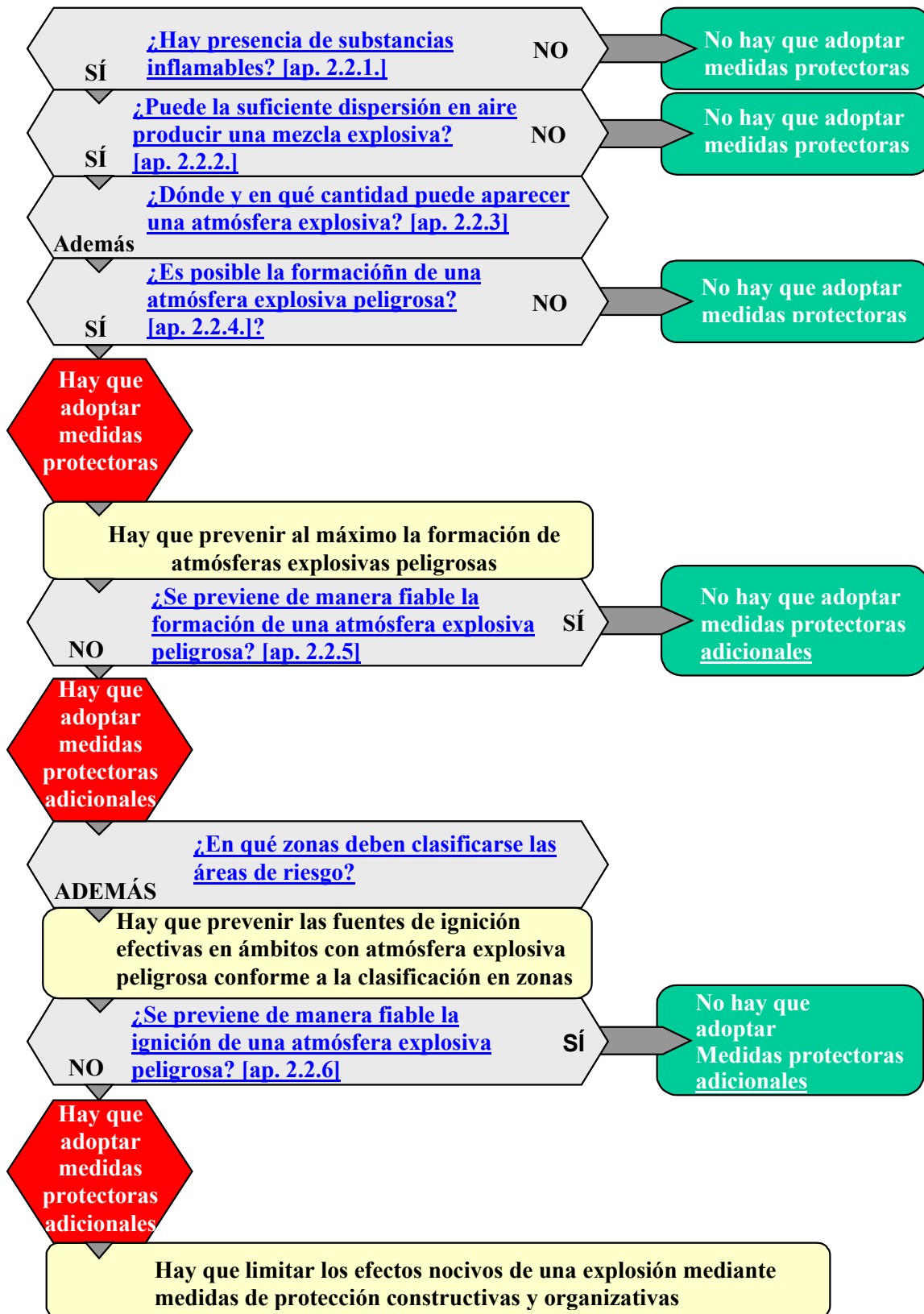
**fuelle de ignición efectiva.**

Para examinar estas condiciones en la práctica, la valoración del riesgo de explosión puede efectuarse mediante siete preguntas. La figura 2.1 ilustra el desarrollo de la valoración, donde las preguntas pertinentes se destacan en subrayado. Los criterios para responder a estas preguntas se describen con mayor detalle en los apartados indicados en cada caso. Las primeras cuatro preguntas sirven para verificar si existe un riesgo de explosión y si realmente es necesario adoptar medidas de protección contra explosiones. En caso afirmativo, habrá que determinar con ayuda de las tres preguntas siguientes si las medidas previstas reducen el riesgo de explosión hasta un límite seguro. De ser necesario, este paso se irá repitiendo para la selección de las medidas de protección enumeradas en el capítulo 3 de la guía hasta llegar a una solución global acorde con las circunstancias.

En el contexto del proceso de evaluación debe tenerse en cuenta que, por regla general, en la protección contra explosiones los parámetros de seguridad técnica sólo son válidos en *condiciones atmosféricas*. En condiciones distintas de estas *condiciones atmosféricas*, los parámetros de seguridad pueden cambiar de manera significativa.

- Ejemplos:**
1. La energía mínima de ignición puede reducirse considerablemente en caso de aumentar los contenidos de oxígeno o las temperaturas.
  2. La *presión y aceleración máximas de explosión* aumentan si hay una mayor presión previa.
  3. Los *límites de explosividad* se amplían en caso de temperaturas o presiones más elevadas. Esto significa que el *límite inferior de explosividad* puede desplazarse hacia concentraciones más bajas y el *límite superior de explosividad*, hacia concentraciones más elevadas.





**Figura 2.1:** Proceso de valoración para el reconocimiento y la prevención de los riesgos de explosión

En la figura 2.1 se pregunta por una prevención "fiable" de la formación de una atmósfera explosiva peligrosa. La pregunta sólo se puede contestar en sentido afirmativo si las medidas técnicas y organizativas ya instauradas tienen alcance suficiente para no tener que contar con una explosión habida cuenta de todos los estados de funcionamiento y los disfuncionamientos razonablemente previsibles.

### 2.2.1 ¿Hay presencia de sustancias inflamables?

Para que se forme una explosión, es necesaria la presencia de sustancias inflamables en el proceso de trabajo o producción. En otras palabras, que como mínimo haya una sustancia inflamable empleada como materia básica o materia auxiliar, producida como producto residual, intermedio o acabado, o generada como consecuencia de un disfuncionamiento corriente de la instalación.

**Ejemplo:** Las sustancias inflamables también pueden aparecer de manera involuntaria, p.ej. en el almacenamiento de soluciones alcalinas o ácidos débiles en recipientes metálicos, donde puede formarse hidrógeno por reacción electroquímica y acumularse en la fase gaseosa.

De una manera general, deben considerarse inflamables todas las sustancias capaces de sufrir una reacción de oxidación. Esto incluye, por un lado, todas las sustancias que con arreglo a la Directiva "sustancias peligrosas" 67/548/CEE están clasificadas y marcadas como inflamables (R10), fácilmente inflamables (F o R11/R15/R17) o sumamente inflamables (F+ o R12). Pero también incluye todas las demás sustancias y preparaciones (aún) sin clasificar pero que cumplen los correspondientes criterios de inflamabilidad o que, en general, deben considerarse inflamables.

**Ejemplos:**

- 1. Gases y mezclas de gases inflamables**, p.ej. gas licuado (butano, buteno, propano, propeno), gas natural, gases de combustión (p.ej. monóxido de carbono o metano) o sustancias químicas gaseosas (p.ej. acetileno, óxido etilénico o cloruro de vinilo).
- 2. Líquidos inflamables**, p.ej. disolventes, carburantes, crudos de petróleo, aceites combustibles, aceites lubricantes o aceites usados, lacas o sustancias químicas hidrosolubles y no hidrosolubles.
- 3. Polvos de sólidos inflamables**, p.ej. carbón, madera, alimentos para consumo humano o animal (p.ej. azúcar, harina o cereales), materias sintéticas, metales o productos químicos.

**Nota:** Hay una serie de sustancias cuya ignición en condiciones normales es difícil pero que, mezcladas con aire, son *explosivas* en caso de granulometría suficientemente pequeña o energía de ignición suficientemente grande (p.ej. polvos metálicos, aerosoles).

Un examen más profundo del posible riesgo de explosión sólo es necesario en caso de presencia de sustancias combustibles.

### 2.2.2 ¿Puede la suficiente dispersión en aire producir una atmósfera explosiva?

El potencial de formación de una *atmósfera explosiva* en caso de presencia de sustancias combustibles dependerá de la capacidad de ignición de la mezcla formada en combinación con aire. Si se alcanza el necesario *grado de dispersión* y **al mismo tiempo** la concentración de sustancias inflamables en el aire se halla dentro de sus *límites de explosividad*, se está en presencia de una *atmósfera potencialmente explosiva*. Las sustancias en forma de gas o de vapor poseen ya de por sí un grado de dispersión suficiente.

Para contestar la pregunta arriba formulada deberán tenerse en cuenta las siguientes propiedades de las sustancias y sus posibles estados de elaboración, en función de las circunstancias:

#### 1. Gases y mezclas de gases inflamables:

**Los límites de explosividad inferior y superior**

**Las concentraciones máximas (en su caso, también las mínimas) de sustancias inflamables generadas o reinantes durante la manipulación.**

## 2. Líquidos inflamables:

### Los límites de explosividad inferior y superior de los vapores

#### El límite de explosividad inferior de las nieblas

#### El punto de ignición

**Nota:** En el interior de recipientes no se supondrá la existencia de una *mezcla explosiva* si la temperatura se mantiene allí siempre lo suficientemente por debajo (aprox. 5°C a 15°C, véase el ejemplo del apartado 3.1.2) del *punto de ignición*.

#### La temperatura de elaboración o ambiental

**Nota:** Si, por ejemplo, la temperatura máxima de elaboración no se mantiene suficientemente por debajo del *punto de ignición* del líquido, pueden formarse mezclas explosivas de vapor/aire.

#### La forma de trabajar con un líquido (p.ej. pulverización, inyección y dispersión de un chorro líquido, evaporación y condensación).

**Nota:** Si los líquidos se dispersan en gotículas, por ejemplo por nebulización, también podrá formarse una *atmósfera potencialmente explosiva* a temperaturas inferiores al *punto de ignición*.

#### Utilización de un líquido con presiones elevadas (p.ej. en sistemas hidráulicos).

**Nota:** En caso de fallos de estanqueidad en la encapsulación de líquidos inflamables con sobrepresiones elevadas, el líquido puede salir a chorro independientemente del tamaño de la fuga, de la sobrepresión y de la estabilidad del material, y formar nieblas potencialmente explosivas que pueden convertirse en vapores potencialmente explosivos.

#### Las concentraciones máximas (en su caso, también las mínimas) de sustancias inflamables generadas o reinantes durante la manipulación de éstas (sólo en el interior de aparatos o instalaciones).

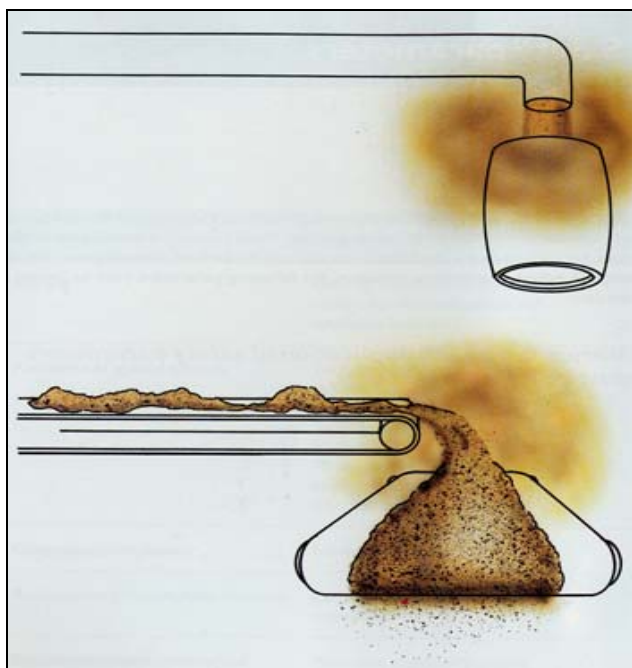
## 3. Polvos de sustancias sólidas inflamables:

### Presencia o formación de mezclas polvo/aire o de depósitos de polvo.

**Ejemplos:**

1. Molienda o cribado
2. Transporte, llenado o vaciado
3. Secado

#### Las concentraciones máximas de sustancias inflamables generadas o reinantes durante la manipulación de éstas en comparación con el límite inferior de explosividad.



**Figura 2.2:** Ejemplos de formación de mezclas polvo/aire en procesos de llenado y transporte<sup>4</sup>

### Límites de explosividad inferior y superior

**Nota:** En la práctica, los *límites de explosividad* de los polvos no se explotan en la misma medida que los correspondientes a gases y vapores. La concentración de polvo puede cambiar considerablemente cuando se levantan los polvos depositados o se posa el polvo en suspensión. Así, por ejemplo, el arremolinado de polvo puede provocar una *atmósfera explosiva*.

**Composición granulométrica (importa la granulometría inferior a 500  $\mu\text{m}$ ), humedad, punto de carbonización.**

### 2.2.3 ¿Dónde puede formarse una atmósfera explosiva?

Si es posible la formación de una *atmósfera explosiva*, debe determinarse en qué punto del lugar de trabajo o de la instalación puede producirse, al objeto de limitar el potencial de riesgo. También en este caso deben observarse las propiedades de las sustancias y las especificidades de la instalación, de los procesos y del entorno:

#### 1. Gases y vapores:

**Densidad relativa respecto del aire, pues cuanto mayor sea el peso de los gases y vapores, tanto más deprisa descenderán y se irán mezclando progresivamente con el aire disponible, para acabar estancados en fosas, hoyos, canales y pozos:**

- La densidad de los gases suele ser superior a la del aire (p.ej. propano). Tales acumulaciones tienden a descender y extenderse, y también pueden difundirse a ras de suelo y encenderse a gran distancia del punto de origen. Algunos gases tienen una densidad similar a la del aire (p.ej. acetileno, ácido cianhídrico, etileno, monóxido de carbono), y poca tendencia natural a disiparse o a descender.
- Algunos gases son mucho más ligeros que el aire (p.ej. hidrógeno, metano) y tienen una tendencia natural a disiparse en la atmósfera si no están confinados.

**El más mínimo movimiento de aire (corriente natural, caminar de personas, convección térmica) ya puede acelerar considerablemente la mezcla con el aire.**

<sup>4</sup> Del prospecto de la AISS „Gas Explosions“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, Asociación Internacional de la Seguridad Social (AISS), Heidelberg, Alemania.



**Figura 2.3:** Modo de propagación de los gases licuados (ejemplo)<sup>4</sup>

**2. Líquidos y nieblas:**

***Índice de evaporación***, que determina la cantidad de atmósfera explosiva que va a formarse a una temperatura dada.

**Tamaño del área de evaporación y temperatura de trabajo**, p.ej. en la nebulización o inyección de líquidos.

**Sobrepresión** que provoca la liberación de líquidos pulverizados en el ambiente y la formación de nieblas explosivas.

**3. Polvos:**

**Aparición de polvo levantado**, p.ej. en filtros, durante el transporte en recipientes, en puntos de trasiego o en el interior de secadores.

**Humedad y granulometría inferior a 500 µm.**

**Formación de depósitos de polvo**, especialmente en superficies horizontales o ligeramente inclinadas, y arremolinamiento de polvos.

**Granulometría.**

Además, también deben tenerse en cuenta las circunstancias locales y operativas siguientes:

**Modo de manipulación de las sustancias con confinamiento hermético de gases, líquidos y polvo o en aparatos abiertos**, p.ej. en la carga y el vaciado.

**Posibilidad de derrame de sustancias por válvulas, compuertas, conexiones de tubería, etc.**

**Condiciones de aportación y extracción de aire y otros aspectos de la configuración del local.**

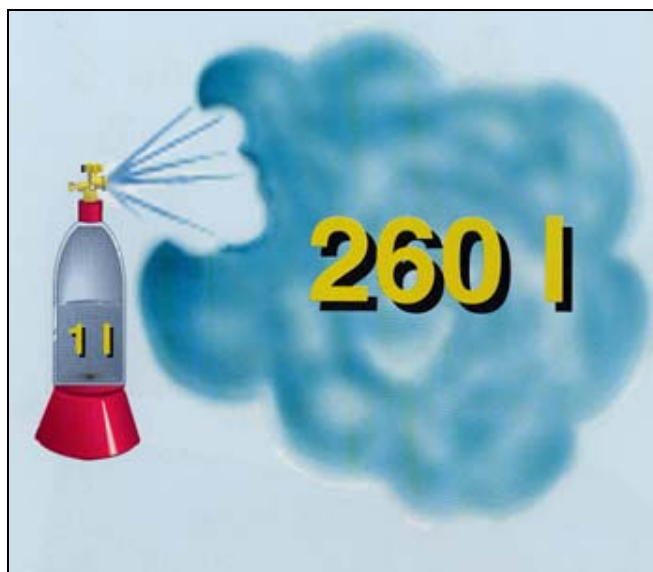
**Cabe prever la presencia de sustancias o mezclas combustibles sobre todo allí donde no llega la ventilación como, por ejemplo, en zonas no ventiladas situadas por debajo del nivel del suelo como fosas, canales y pozos.**

<sup>4</sup> Del prospecto de la AISS „Gas Explosions“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, Asociación Internacional de la Seguridad Social (AISS), Heidelberg, Alemania.

#### 2.2.4 ¿Es posible la formación de una atmósfera explosiva peligrosa?

Si en determinadas zonas existe la posibilidad de aparición de una *atmósfera explosiva* en cantidades tales que se requieran medidas de protección especiales para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores afectados, tal atmósfera explosiva tendrá consideración de *atmósfera explosiva peligrosa* y las zonas se clasificarán como *zonas de riesgo*.

Una *atmósfera potencialmente explosiva* constatada con anterioridad se calificará de *atmósfera explosiva peligrosa* dependiendo de su volumen y de los efectos destructivos que pueda tener en caso de ignición. No obstante, de entrada cabe contar con que una explosión provocará daños de gran envergadura y suponer la presencia de una *atmósfera explosiva peligrosa*.



**Figura 2.4:** Una cantidad incluso pequeña de líquido inflamable ya puede, al evaporarse, provocar grandes cantidades de vapores inflamables (ejemplo: propano licuado). Nota: 1 litro de propano líquido, al transformarse en gas y diluirse en aire al límite inferior de explosividad daría lugar a 13.000 litros de atmósfera explosiva.<sup>4</sup>

Son posibles excepciones a esta regla en el manejo de cantidades muy pequeñas, por ejemplo en laboratorios. En tales casos, la peligrosidad de las cantidades de *atmósfera explosiva* debe determinarse en función de las condiciones locales y operativas.

<sup>4</sup> Del prospecto de la AISS „Gas Explosions“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, Asociación Internacional de la Seguridad Social (AISS), Heidelberg, Alemania].

- Ejemplos:**
1. Cualquier volumen de más de 10 litros de *atmósfera explosiva* como masa continua en un espacio confinado siempre deberá considerarse como *atmósfera explosiva peligrosa*, independientemente del volumen de ese espacio.
  2. Para un cálculo aproximado puede aplicarse la regla empírica de que en tales recintos deben considerarse peligrosas las *atmósferas explosivas* que ocupen más de una diezmilésima parte del volumen del espacio; en un local de 80 m<sup>3</sup>, por ejemplo, ya serán 8 litros. Pero de esto no debe deducirse que entonces hay riesgo de explosión en la totalidad del recinto, sino sólo en aquella zona en que puede aparecer una *atmósfera explosiva peligrosa*.
  3. Con la mayoría de los polvos inflamables, ya basta un depósito de polvo de espesor inferior a 1 mm repartido de manera homogénea por toda la superficie del suelo para llenar completamente una estancia de altura normal con una mezcla explosiva de polvo/aire en caso de arremolinarse.
  4. Si la *atmósfera explosiva* se encuentra en recipientes no previstos para soportar una posible *presión de explosión*, deberán considerarse como peligrosas unas cantidades muy inferiores a las arriba indicadas, debido al riesgo de proyección de fragmentos al reventar. En tal caso, no puede indicarse ningún límite inferior.

Además, a la hora de valorar específicamente la formación de *atmósfera explosivas peligrosas* también se tendrán en cuenta los efectos por la destrucción de partes de instalaciones situadas en las inmediaciones de la atmósfera explosiva.

**Nota:** Una explosión también puede ocasionar daños en el entorno que, a su vez, provocarán la emisión y posible ignición de otras sustancias inflamables o peligrosas.

### 2.2.5 ¿Se previene de manera fiable la formación de atmósferas explosivas peligrosas?

Si existe la posibilidad de que se forme una *atmósfera explosiva peligrosa*, es necesario adoptar medidas de protección contra explosiones. En primer lugar, debe intentarse prevenir la aparición de una *atmósfera explosiva*. En el apartado 3.1 se describen las medidas de protección posibles en este sentido, unidas a medidas organizativas conforme al capítulo 4.

Es preciso comprobar la eficacia de las medidas de protección adoptadas. A tal efecto, deberán tenerse en cuenta todos los estados operativos y todas las disfunciones (incluso las poco frecuentes). Sólo podrá renunciarse a medidas adicionales si se impide con seguridad la aparición de una *atmósfera explosiva peligrosa*.

### 2.2.6 ¿Se previene de forma fiable la ignición de atmósferas explosivas peligrosas?

Cuando no sea posible excluir por entero la formación de *atmósferas explosivas peligrosas*, deberán adoptarse medidas para evitar las fuentes de ignición efectivas. Así pues, cuanto más probable sea la aparición de una *atmósfera explosiva peligrosa*, tanto más segura deberá ser la prevención de fuentes ignición efectivas. Las medidas de protección posibles se describen en el apartado 3.2, unidas a las medidas organizativas conforme al capítulo 4.

De no ser altamente improbable la aparición simultánea de *atmósferas explosivas peligrosas* y de fuentes de ignición efectivas, también se requerirán medidas de protección constructivas con arreglo al apartado 3.3, unidas a medidas organizativas conforme al capítulo 4. En caso contrario, deben adoptarse las correspondientes medidas de atenuación.

## 3. Medidas técnicas de protección contra explosiones

Se entiende por medidas de protección contra explosiones todas las medidas que:

- impiden la formación de *atmósferas explosivas peligrosas*,
- evitan la ignición de *atmósferas explosivas peligrosas* o
- atenúan los efectos de *explosiones* hasta asegurar la salud y seguridad de los trabajadores.

### 3.1 Prevención de atmósferas explosivas peligrosas

Con arreglo al artículo 3 "Prevención de explosiones y protección contra las mismas" de la Directiva 1999/92/CE, la prevención de *atmósferas explosivas peligrosas* siempre debe ir por delante de las demás medidas de protección contra explosiones.

#### 3.1.1 Sustitución de las sustancias inflamables

La formación de *atmósferas explosivas peligrosas* puede prevenirse evitando o reduciendo el uso de sustancias inflamables. Un ejemplo de ello sería la sustitución de productos disolventes o de limpieza inflamables por soluciones acuosas. Tratándose de polvos, a veces también es posible aumentar el *tamaño de partícula* de las sustancias utilizadas, de manera que no puedan formarse *mezclas explosivas*. En este caso debe velarse por que la elaboración ulterior no dé lugar a una reducción del *tamaño de partícula*, por ejemplo debido a la abrasión. Otra posibilidad es la humectación del polvo o la utilización de productos pastosos, de manera que no pueda producirse una suspensión de polvo.

#### 3.1.2 Limitación de la concentración

Los gases y polvos sólo tienen capacidad de explosión dentro de ciertos límites de concentración en mezcla con aire. En determinadas condiciones operativas y ambientales es posible mantenerse fuera de estos *límites de explosividad*. En este caso, no habrá riesgo de explosión si se garantiza el cumplimiento seguro de estas condiciones.

En recipientes e instalaciones cerradas suele resultar relativamente fácil mantener la concentración de gases y vapores fuera de los límites de explosividad.

**Ejemplo:** Es posible mantenerse de manera fiable por debajo del *límite inferior de explosividad* en la masa de vapor que se forma sobre líquidos inflamables si en la superficie del líquido la temperatura se mantiene siempre en un valor lo bastante por debajo del *punto de ignición* (para los disolventes puros suele bastar una diferencia de temperatura de 5°C y para las mezclas de disolventes, una diferencia de temperatura de 15°C). En el caso de los líquidos inflamables con un *punto de ignición* bajo, el *límite superior de explosividad* se rebasa casi siempre (p.ej. depósitos de gasolina de automóviles).

En el caso de los polvos, prevenir las *mezclas explosivas* mediante limitación de la concentración resulta más difícil. Si la concentración de polvo en aire se sitúa por debajo del *límite inferior de explosividad*, de no haber suficiente movimiento de aire se irán depositando lentamente partículas de polvo que pueden arremolinarse y, de este modo, generar *mezclas explosivas*.

**Nota:** Los filtros separan las partículas de polvo y forman allí acumulaciones de polvo que pueden entrañar un potencial considerable de ignición y explosión.

#### 3.1.3 Inertización

También puede evitarse la formación de *atmósferas explosivas peligrosas* diluyendo el oxígeno del aire en el interior de instalaciones o el combustible con sustancias que no sean químicamente reactivas (sustancias inertes), lo que se denomina inertización.

Para el dimensionado de esta medida de seguridad es necesario conocer la concentración máxima de oxígeno (la *concentración límite en oxígeno*) que todavía no provoca explosión. La *concentración límite en oxígeno* se determina de manera experimental. La concentración máxima admisible de oxígeno resulta de la *concentración límite en oxígeno* menos una diferencia de concentración segura. Si el combustible se diluye con una sustancia inerte, la concentración máxima admisible de combustible deberá determinarse de manera análoga. Si existe la posibilidad de que la concentración de oxígeno varíe con rapidez o difiera mucho en distintas partes de la instalación, hay que prever un margen de seguridad amplio. Habría que considerar los posibles fallos de manipulación y defectos en los equipos. Otro aspecto debe tenerse en cuenta es el lapso de tiempo necesario para que surtan efecto las medidas de protección o las funciones de emergencia tras su accionamiento.



**Ejemplo:** Como sustancias inertes gaseosas suele emplearse nitrógeno, dióxido de carbono, gases nobles, gases de combustión y vapor de agua. Como sustancias inertes pulverulentas cabe citar, por ejemplo, el sulfato de cal, el fosfato amónico, el bicarbonato sódico, la cal natural en polvo, etc. Lo importante a la hora de elegir una sustancia inerte es que ésta no reaccione con el combustible (p.ej., el aluminio puede reaccionar con el dióxido de carbono).

**Nota:** Los depósitos de polvo pueden causar combustiones sin llama o latentes incluso a concentraciones muy pequeñas de oxígeno o combustible. Estas concentraciones pueden ser muy inferiores a las consideradas suficientes para la prevención fiable de explosiones. Así, por ejemplo, una mezcla del 95% en peso de caliza y 5% en peso de carbón aún puede provocar una fuerte reacción exotérmica.

Por regla general, la inertización con gases sólo resulta aplicable en instalaciones cerradas con un volumen relativamente escaso de intercambio de gases por unidad de tiempo. En caso de salir gas por aberturas existentes en la instalación por razones operativas o de avería, esto puede poner en peligro a los trabajadores por desplazamiento del oxígeno (riesgo de asfixia). Si como gas inerte se utilizan gases residuales de combustión, en caso de fuga de la instalación pueden provocar la intoxicación de los trabajadores. Por ejemplo, las tareas de carga manual requieren la apertura por razones de servicio. En caso de abrirse, debe tenerse en cuenta la salida de gas inerte de la instalación y la entrada de oxígeno presente en el aire.

### **3.1.4 Prevención o reducción de la formación de atmósfera explosiva en las inmediaciones de instalaciones**

La formación de una *atmósfera explosiva peligrosa* fuera de instalaciones debería prevenirse en la medida de lo posible. Esto se puede conseguir con la utilización de instalaciones cerradas. En consonancia con esto, las partes de la instalación deben aislarse herméticamente. Estas instalaciones deben diseñarse de tal modo que en las condiciones de funcionamiento previsibles no se produzcan fugas significativas. Esto se asegurará, entre otras cosas, con un mantenimiento periódico.

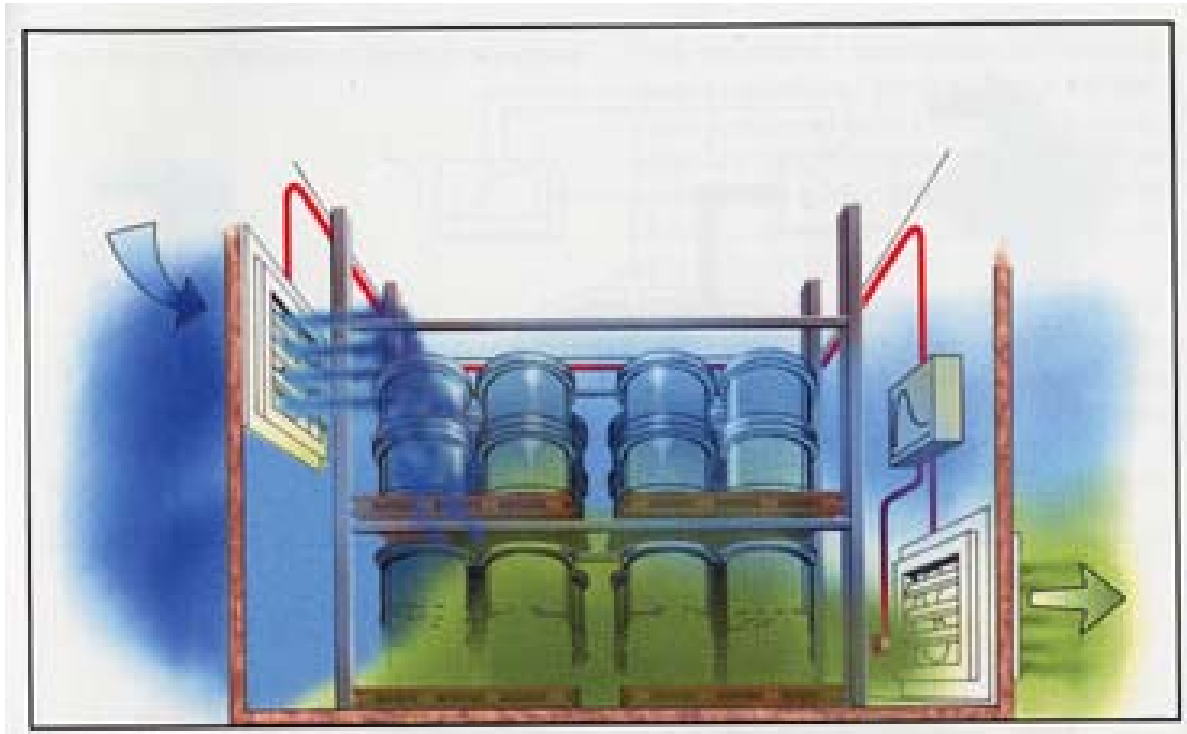
Cuando no resulte posible prevenir la fuga de sustancias inflamables, a menudo se puede evitar la formación de *atmósferas explosivas peligrosas* con una ventilación adecuada. Para valorar la eficacia de ventilación, hay que tener en cuenta lo siguiente:

**Gases, vapores y nieblas:** para dimensionar la ventilación es necesario estimar la cantidad máxima (caudal) de los gases, vapores y nieblas que pudieran escapar, y conocer la localización de la fuente y las condiciones de su propagación.

**Polvos:** las medidas de ventilación sólo suelen deparar una protección suficiente si el polvo es aspirado en el punto en que se genera y si al mismo tiempo se previenen de manera fiable los depósitos de polvo peligrosos.

**En el caso más favorable, la ventilación suficientemente fuerte puede prevenir las atmósferas potencialmente explosivas. No obstante, dados los condicionamientos antes citados, puede que se consiga únicamente reducir la probabilidad de que se forme una *atmósfera explosiva peligrosa* o reducir las dimensiones de los ámbitos con riesgo de explosión (zonas).**

Se recomienda efectuar controles por muestreo de las concentraciones que se forman en diferentes puntos y momentos cuando las condiciones operativas son desfavorables.



**Figura 3.1:** Ejemplo de disposición correcta de aberturas de ventilación para gases y vapores más pesados que el aire<sup>4</sup>

### 3.1.4.1 Medidas para eliminar los depósitos de polvo

Los depósitos de polvo peligrosos pueden evitarse con la limpieza regular de los talleres y locales de trabajo. En este terreno han dado buenos resultados los planes de limpieza en los que se regula de manera obligatoria el tipo, el alcance y la frecuencia de las operaciones de limpieza y las responsabilidades correspondientes. Estas instrucciones se adaptarán a las circunstancias de cada caso. Para ello también deben considerarse especialmente las superficies difíciles de inspeccionar (p.ej. por su situación elevada) o de acceder, donde con el tiempo pueden llegar a acumularse cantidades de polvo considerables. Cuando se levante polvo abundante como consecuencia de algún incidente (p.ej. deterioro o reventado de embalajes, derrames) deben adoptarse medidas adicionales para suprimir los depósitos de polvo lo antes posible.

Desde el punto de vista de la seguridad resultan muy ventajosos la limpieza en mojado y el desempolvado por aspiración (utilización de instalaciones centrales o de aspiradores industriales móviles contruidos de modo que no puedan constituir una fuente de ignición). Deben evitarse los sistemas de limpieza que conllevan el arremolinamiento del polvo (véase la figura 3.2). Con la limpieza en mojado debe tenerse en cuenta que puede causar problemas adicionales de eliminación de residuos. Si esta operación entraña la separación de metales ligeros, hay que considerar la posible formación de hidrógeno. Debe evitarse la eliminación de polvo por soplado.

<sup>4</sup> Del prospecto de la AISS „Gas Explosions“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, Asociación Internacional de la Seguridad Social (AISS), Heidelberg, Alemania.



**Figura 3.2:** Eliminación de depósitos de polvo<sup>4</sup>

La limpieza puede regularse en el contexto de instrucciones para el manejo de sustancias sólidas inflamables.

**Nota:** Para el aspirado de polvos inflamables se emplearán exclusivamente aspiradores contruidos de modo que no puedan constituir una fuente de ignición.

### 3.1.5 Utilización de aparatos detectores avisadores de gas

La vigilancia de la concentración en el entorno de instalaciones puede efectuarse, por ejemplo, mediante el empleo de detectores de gas. Para ello son indispensables las condiciones siguientes:

**Conocimiento suficiente de las sustancias previsibles, ubicación de sus fuentes, sus intensidades máximas de emisión y sus condiciones de propagación.**

**Capacidad de funcionamiento del aparato acorde con las condiciones de utilización, particularmente en lo que respecta al tiempo de reacción, umbral de reacción y sensibilidad a las interferencias.**

**Prevención de estados peligrosos en caso de fallar alguna función del detector avisador de gas (fiabilidad).**

**Posibilidad de registrar con rapidez y seguridad suficientes las mezclas previsibles mediante la selección adecuada del número y ubicación de los puntos de medición.**

**Conocimiento de la zona expuesta al riesgo de explosión hasta que surtan efecto las medidas de seguridad activadas por el aparato. En las zonas inmediatamente contiguas (en función de los puntos anteriores) es necesario evitar las fuentes de ignición.**

**Impedir de manera suficientemente segura que la activación de las medidas de seguridad forme una *atmósfera explosiva peligrosa* en las zonas situadas más allá de la proximidad inmediata, y prevenir otros riesgos por activación errónea.**

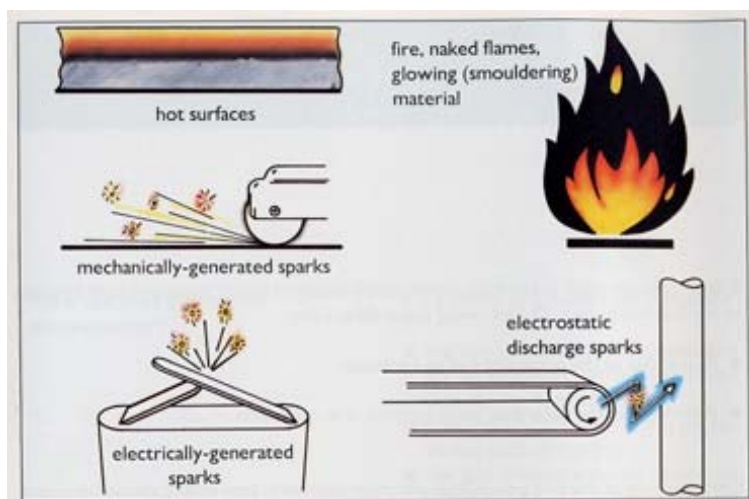
Los detectores de gas deben estar autorizados para su utilización en *atmósferas potencialmente explosivas* con arreglo a la Directiva 94/9/CE en lo que respecta a su seguridad como aparato eléctrico, y llevar la marca correspondiente.

<sup>4</sup> Del prospecto de la AISS „Gas Explosions“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, Asociación Internacional de la Seguridad Social (AISS), Heidelberg, Alemania.

**Nota:** Los detectores de gas deben ser objeto de control/calibración individual o de tipo a fin de asegurar su aptitud para ser utilizados como dispositivos de seguridad, control y regulación en la prevención de fuentes de ignición (p.ej. desconexión de un aparato no protegido contra explosiones en caso de aparecer una *atmósfera explosiva peligrosa*). Deben cumplirse aquí los requisitos de la Directiva 94/9/CE (véase también el apartado 3.4 Sistemas de control de procesos).

### 3.2 Prevención de las fuentes de ignición

Cuando la formación de una *atmósfera explosiva peligrosa* no pueda impedirse, hay que prevenir su ignición. Esto puede conseguirse con medidas de protección que evitan o reducen la probabilidad de aparición de *fuentes de ignición*. Para determinar las medidas de protección eficaces deben conocerse los diferentes tipos de fuentes de ignición y su modo de acción. Se calcula la probabilidad de que una *atmósfera explosiva peligrosa* coincida en el tiempo y en el espacio con una fuente de ignición, y a partir de ahí se determina la envergadura de las medidas de protección necesarias. Para ello se parte del modelo de división en zonas descrito a continuación, de cual se derivan determinadas medidas de protección.



**Figura 3.3:** Ejemplos de fuentes de ignición potenciales más frecuentes<sup>4</sup>

#### 3.2.1 Áreas de riesgo: clasificación en zonas

Un *área de riesgo* es aquella en que pueden formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales para proteger a los trabajadores contra los riesgos de explosión. Tal cantidad se denomina *atmósfera explosiva peligrosa*. Para valorar el alcance de las medidas de protección, las *áreas de riesgo* subsistentes deben clasificarse en *zonas* en función de la probabilidad de que aparezca en ellas una *atmósfera explosiva peligrosa*.

<sup>4</sup> Del prospecto de la AISS „*Gas Explosions*“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, Asociación Internacional de la Seguridad Social (AISS), Heidelberg, Alemania.

**Zona 0:** área 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 periodo de tiempo prolongado, o con frecuencia.

**Ejemplo:** Por regla general, las condiciones de la zona 0 sólo se dan en el interior de recipientes o instalaciones (evaporadores, recipientes de reacción, etc.), aunque también pueden presentarse cerca de respiraderos y otras aberturas.

**Zona 1:** área 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.

**Ejemplo:** Se incluyen aquí, entre otras cosas:

- la proximidad inmediata de la zona 0,
- la proximidad inmediata de bocas de carga,
- la proximidad inmediata de aparatos o conductos frágiles de vidrio, cerámica o similar, salvo si el contenido es insuficiente para formar una atmósfera explosiva **peligrosa**;
- la proximidad inmediata de prensaestopas insuficientemente herméticos, p.ej. en bombas y compuertas correderas,
- el interior de instalaciones como evaporadores o recipientes de reacción.

**Zona 2:** área en la que normalmente 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 periodos de tiempo.

**Ejemplo:** En la zona 2 pueden incluirse, en otras:

- las áreas que rodean las zonas 0 ó 1.

**Nota:** No constituyen *áreas de riesgo* aquellas en las que se transportan sustancias inflamables sólo en tuberías que siempre se mantienen *técnicamente estancas*.

**Zona 20:** área en la que una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire está presente de forma permanente, o por un periodo prolongado, o con frecuencia.

**Ejemplo:** Estas condiciones suelen darse únicamente en el interior de recipientes, tuberías, aparatos, etc. Por regla general, el interior de instalaciones (molinos, secadoras, mezcladoras, tuberías de transporte, silos, etc.) sólo se incluye aquí si en ellos se forman mezclas explosivas pulverulentas en cantidades peligrosas de manera permanente, prolongada o frecuente.

**Zona 21:** área en la que ocasionalmente puede formarse, en condiciones normales de explotación, una *atmósfera explosiva* en forma de nube de polvo combustible contenido en el aire.

**Ejemplo:** Se incluyen aquí, entre otras áreas, las situadas en el entorno inmediato de estaciones de desempolvado o puestos de trasiego y zonas en las que se forman capas de polvo y en las que, en condiciones normales de explotación, ocasionalmente se forman concentraciones explosivas de polvo inflamable mezclado con aire.

**Zona 22:** área en la que no es probable, en condiciones normales de explotación, la formación de una *atmósfera explosiva* en forma de polvo combustible contenido en el aire y en la que, en caso de formarse, sólo permanece durante un periodo de tiempo corto.

**Ejemplo:** Pueden incluirse aquí, entre otras: las áreas en torno a instalaciones que contienen polvo, cuando puedan producirse fugas de polvo por puntos no estancos que formen depósitos de polvo en cantidades peligrosas.

Observaciones:

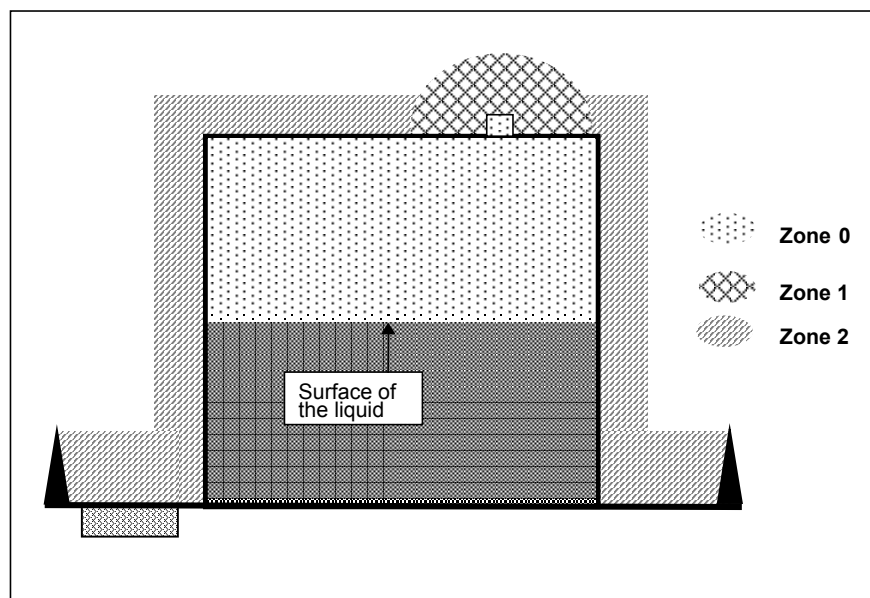
**Las capas, depósitos y acumulaciones de polvo inflamable deben ser tratadas como cualquier otra fuente capaz de formar *atmósferas explosivas peligrosas*.**

**Por "condiciones normales de explotación" se entiende la utilización de instalaciones conforme a los parámetros de funcionamiento previstos.**

**Nota:** El polvo inflamable depositado entraña un potencial de explosión considerable. Los depósitos de polvo pueden acumularse en cualquier superficie de un área de trabajo. El polvo depositado puede quedar en suspensión a consecuencia de una explosión primaria y provocar gran número de explosiones en cadena de efectos devastadores.

### 3.2.1.1 Ejemplo de clasificación en zonas de un área de riesgo por la presencia de gases inflamables

La figura 3.4 representa un tanque de líquidos inflamables. El tanque está instalado al aire libre, se llena y vacía con regularidad y está comunicado con la atmósfera ambiente a través de un respiradero. El punto de ignición del líquido inflamable se sitúa en torno a la temperatura media anual y la densidad de los vapores que se forman es superior a la del aire. Por este motivo, en su interior hay que contar con la presencia prolongada de una *atmósfera explosiva peligrosa*. Así pues, el interior del tanque se clasifica como zona 0.



**Figura 3.4:** Ejemplo de clasificación en zonas en un tanque de líquidos inflamables.

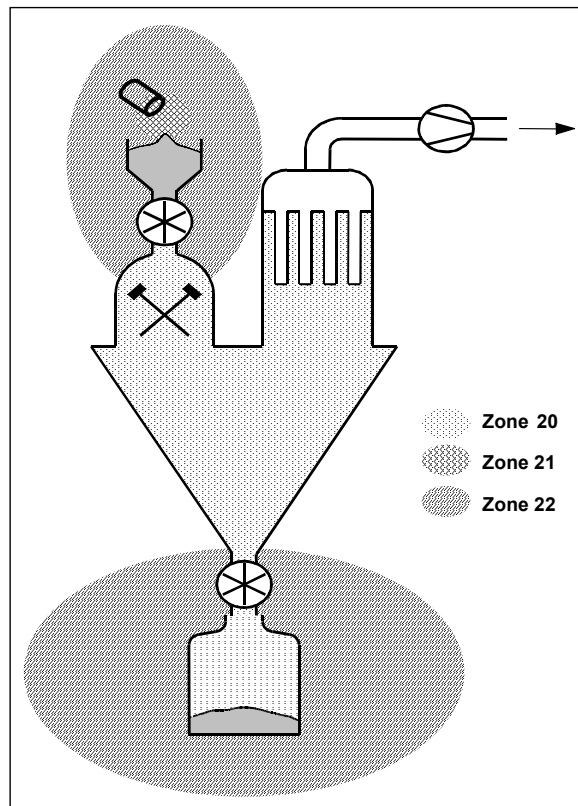
Del respiradero pueden producirse salidas ocasionales de vapores y formar *mezclas explosivas*. Por consiguiente, el entorno que rodea el respiradero se clasifica como zona 1. En condiciones meteorológicas desfavorables infrecuentes, los vapores pueden derramarse por la pared exterior del tanque y formar una *atmósfera explosiva peligrosa*. Así pues, las inmediaciones del tanque se clasifican como zona 2.

El tamaño de las zonas exteriores del tanque se determina en función de la cantidad previsible de vapores liberados y es independiente de las propiedades del líquido, del tamaño de la abertura, de la frecuencia del trasiego y de la variación media en el nivel de líquido. El tamaño de las *zonas de riesgo* dependerá básicamente de la disponibilidad de ventilación natural.

### 3.2.1.2 Ejemplo de clasificación en zonas de un área de riesgo por la presencia de polvos inflamables

La figura 3.5 representa un molino con tolva de alimentación (carga manual), recipiente de descarga y filtro. Un producto inflamable que genera polvo se vierte a mano desde un barril a la tolva de alimentación. Durante la operación de carga puede formarse ocasionalmente una *mezcla explosiva* de polvo y

aire alrededor de la boca del barril. Este ámbito se clasifica como zona 21. En el espacio que rodea el recipiente de descarga hay depósitos de polvo que, en momentos raros y breves de arremolinamiento, pueden formar una *atmósfera explosiva peligrosa*. Este espacio se clasifica como zona 22.



**Figura 3.5:** Ejemplo de clasificación en zonas para polvos inflamables

En el molino, el polvo está presente en forma de nube de polvo por razones operativas. También en la limpieza de las mangas de filtración se forma una nube de polvo a intervalos regulares. El interior del molino y del filtro se clasifica, por tanto, como zona 20. El producto de molienda se descarga de forma continua. Esto hace que en el recipiente de descarga también se forme una nube de polvo en mezcla explosiva. Así pues, el recipiente de descarga se clasifica como zona 20. Debido a una estanqueidad imperfecta, hay acumulaciones de polvo en la zona alrededor del recipiente de descarga. Este ámbito se clasifica como zona 22. El tamaño de las zonas 21 y 22 dependerá de la tendencia que tiene el producto utilizado a generar polvo.

### 3.2.2 Alcance de las medidas de protección

La envergadura de las medidas de protección dependerá de la probabilidad de aparición de una *atmósfera explosiva* peligrosa (clasificación en zonas de riesgo). Así pues, al determinar el alcance de las medidas de protección debe tenerse en cuenta lo indicado en el cuadro 3.1:

**Cuadro 3.1:** Clasificación de las áreas de riesgo

| Clasificación | Las fuentes de ignición <sup>*)</sup> deben prevenirse de manera segura en caso de:  |
|---------------|--|
| 0 ó 20        | <ul style="list-style-type: none"><li>• funcionamiento sin avería (condiciones de explotación normales),</li><li>• averías previsibles y</li><li>• averías raras</li></ul> |
| 1 ó 21        | <ul style="list-style-type: none"><li>• funcionamiento sin avería (condiciones de explotación normales) y</li><li>• averías previsibles</li></ul>                          |
| 2 ó 22        | <ul style="list-style-type: none"><li>• funcionamiento sin avería (condiciones de explotación normales)</li></ul>  |

\*) En las zonas 20, 21 y 22 debe considerarse, además, la posibilidad de ignición del polvo depositado.

El cuadro es aplicable a todo tipo de *fuentes de ignición*.

### 3.2.3 Tipos de fuentes de ignición

En la norma europea EN 1127-1 se distinguen trece fuentes de ignición:

**Superficies calientes**

**Llamas y gases calientes**

**Chispas de origen mecánico**

**Material eléctrico**

**Corrientes eléctricas parásitas, protección contra la corrosión catódica**

**Electricidad estática**

**Rayo**

**Campos electromagnéticos comprendidos en una gama de 9 kHz a 300 GHz**

**Radiación electromagnética comprendida en una gama de 300 GHz a  $3 \times 10^{16}$  Hz o longitudes de onda de 1000  $\mu\text{m}$  a 0,1  $\mu\text{m}$  (rango del espectro óptico)**

**Radiación ionizante**

**Ultrasonidos**

**Compresión adiabática, ondas de choque, gases circulantes**

**Reacciones químicas**

A continuación sólo se abordan las fuentes de ignición más corrientes en la práctica. En la norma EN 1127-1 puede obtenerse información más detallada sobre las diferentes de fuentes de ignición y su valoración.

#### 3.2.3.1 Superficies calientes

Las *atmósferas explosivas* pueden encenderse por contacto con superficies calientes cuando la temperatura de una superficie alcance la temperatura de ignición de la atmósfera explosiva.

**Ejemplo:** Entre las superficies calientes con funcionamiento normal figuran, por ejemplo, las calefacciones, determinados materiales eléctricos, tuberías calientes, etc. Entre las superficies calentadas por funcionamiento defectuoso cabe citar, por ejemplo, el sobrecalentamiento por fricción debido a una lubricación insuficiente.



Si existe la posibilidad de que una *atmósfera explosiva* entre en contacto con una superficie caliente, deberá velarse por mantener un determinado margen de seguridad entre la temperatura máxima previsible en la superficie y la *temperatura de ignición* de la atmósfera explosiva. Este margen de seguridad obligatorio dependerá de la clasificación de las áreas de riesgo y se determinará con arreglo a la norma EN 1127-1.

|              |   |
|--------------|---|
| <b>Nota:</b> | Los depósitos de polvo tienen un efecto aislante y, por lo tanto, obstaculizan la evacuación del calor hacia fuera. Cuanto más gruesa sea la capa de polvo, tanto menor será la evacuación de calor. Esto puede provocar una acumulación de calor y tener por consecuencia un aumento de temperatura adicional. Este proceso puede llegar hasta la ignición de la capa de polvo. Es la razón por la cual el material que, con arreglo a la Directiva 94/9/CE, puede emplearse con seguridad en una atmósfera explosiva compuesta por gas y aire, no resulte necesariamente adecuado para funcionar en atmósferas potencialmente explosivas compuestas por polvo/aire. |
|--------------|---|

### 3.2.3.2 Llamas y gases calientes

Tanto las propias llamas como las partículas sólidas incandescentes pueden producir la ignición de una atmósfera explosiva. Las llamas, incluso las muy pequeñas, figuran entre las fuentes de ignición más efectivas, por lo que deben excluirse totalmente en las áreas de riesgo de las zonas 0 y 20. En las zonas 1, 2, 21 y 22 sólo podrán tolerarse las llamas que estén confinadas de manera segura (véase EN 1127-1). Las llamas desnudas ocasionadas por trabajos de soldadura o fumar deben impedirse con medidas organizativas.

### 3.2.3.3 Chispas de origen mecánico

En operaciones que implican fricción, choque y abrasión, tales como el amolado, pueden desprenderse chispas que, a su vez, pueden provocar la ignición de gases y vapores inflamables y de algunas mezclas de niebla o polvo con aire (especialmente mezclas de polvo metálico con aire). Por otra parte, en el polvo depositado las chispas pueden iniciar un fuego latente y éste puede convertirse en la fuente de ignición de una atmósfera explosiva.

No debe olvidarse que también puede producir chispas la penetración de materiales extraños (p. ej. piedras o trozos de metal) en aparatos o partes de instalaciones.

|              |  |
|--------------|--|
| <b>Nota:</b> | Los procesos de fricción, choque y abrasión con participación de herrumbre o metales ligeros (p. ej. aluminio y magnesio) y sus aleaciones pueden iniciar una reacción aluminotérmica (reacción "Thermite") capaz de producir chispas particularmente inflamables. |
|--------------|--|

Es posible limitar la formación de chispas de fricción y choque eligiendo combinaciones favorables de materiales (p. ej. en ventiladores). En los medios de producción que funcionan con partes móviles debe evitarse, por principio, la combinación material de metal ligero y acero (excepto el acero inoxidable) en los puntos en que pueda haber fricción, choque o abrasión.

### 3.2.3.4 Reacción química

En el caso de las reacciones químicas con generación de calor (reacciones exotérmicas), las sustancias pueden calentarse y convertirse en fuentes de ignición. Este autocalentamiento es posible cuando la velocidad de producción de calor es superior a la velocidad de disipación del calor hacia el entorno. Cuando hay trabas para la evacuación del calor o una mayor temperatura ambiental (p. ej. en el almacenamiento) la velocidad de reacción puede aumentar de tal manera que se alcanzan las condiciones necesarias para la ignición. Entre otros parámetros, son decisivos la relación volumen/superficie del sistema reactivo, la temperatura ambiente y el tiempo de permanencia. Las elevadas temperaturas generadas pueden provocar tanto la iniciación de una combustión sin llama o de un incendio como la ignición de la atmósfera explosiva. A su vez, las sustancias inflamables que puedan haberse formado con la reacción química (p. ej. gases o vapores) pueden, en contacto con el aire ambiente, formar una atmósfera explosiva y, de este modo, aumentar considerablemente la peligrosidad de estos sistemas.

En todas las zonas es, por lo tanto, necesario evitar en lo posible la presencia de sustancias con tendencia a la autoignición. Cuando se manejen este tipo de sustancias, las medidas de protección pertinentes deberán adaptarse a cada caso.

|              |   |
|--------------|---|
| <b>Nota:</b> | He aquí algunas medidas de protección adecuadas:<br><br><ol style="list-style-type: none"><li>1. inertización,</li><li>2. estabilización,</li><li>3. mejora de la evacuación del calor, p. ej. repartiendo las sustancias en cantidades unitarias más pequeñas o mediante técnicas de almacenamiento espaciado,</li><li>4. regulación de la temperatura de la instalación,</li><li>5. almacenamiento a temperaturas ambientales inferiores,</li><li>6. limitación de los tiempos de permanencia a tiempos inferiores a lo necesario para inducir la ignición del polvo.</li></ol> |
|--------------|---|

### 3.2.3.5 Material eléctrico

Las fuentes de ignición posibles en instalaciones eléctricas son las provocadas, incluso con tensiones pequeñas, por chispas eléctricas (p. ej. al abrir y cerrar circuitos eléctricos y por corrientes de compensación) y por superficies calientes.

Por este motivo, en las áreas de riesgo sólo deberá utilizarse material eléctrico que cumpla los requisitos del anexo II de la Directiva 1999/92/CE. En todas las zonas, el material nuevo deberá seleccionarse con arreglo a las categorías es establecidas en la Directiva 94/9/CE. Conforme al documento de protección contra explosiones, los equipos de trabajo, incluidos los dispositivos de alerta, deben ser diseñados, manipulados y mantenidos prestando la debida atención a la seguridad.

### 3.2.3.6 Electricidad estática

En procesos de separación con participación de al menos un material de resistencia eléctrica específica superior a  $10^9 \Omega\text{m}$  o de objetos con una resistencia superficial superior a  $10^9 \Omega$ , pueden producirse descargas de electricidad estática con capacidad de ignición si se dan determinadas condiciones. En la figura 3.1 se presentan diferentes maneras en que pueden producirse cargas electrostáticas por separación de cargas. En condiciones operativas habituales pueden producirse descargas en las formas siguientes:

Descargas de chispas:

**Pueden producirse por la carga de partes conductoras no conectadas a tierra.**

Descargas en penacho:

**Pueden producirse en las partes cargadas de material no conductor, entre las que figuran la mayoría de las materias plásticas.**

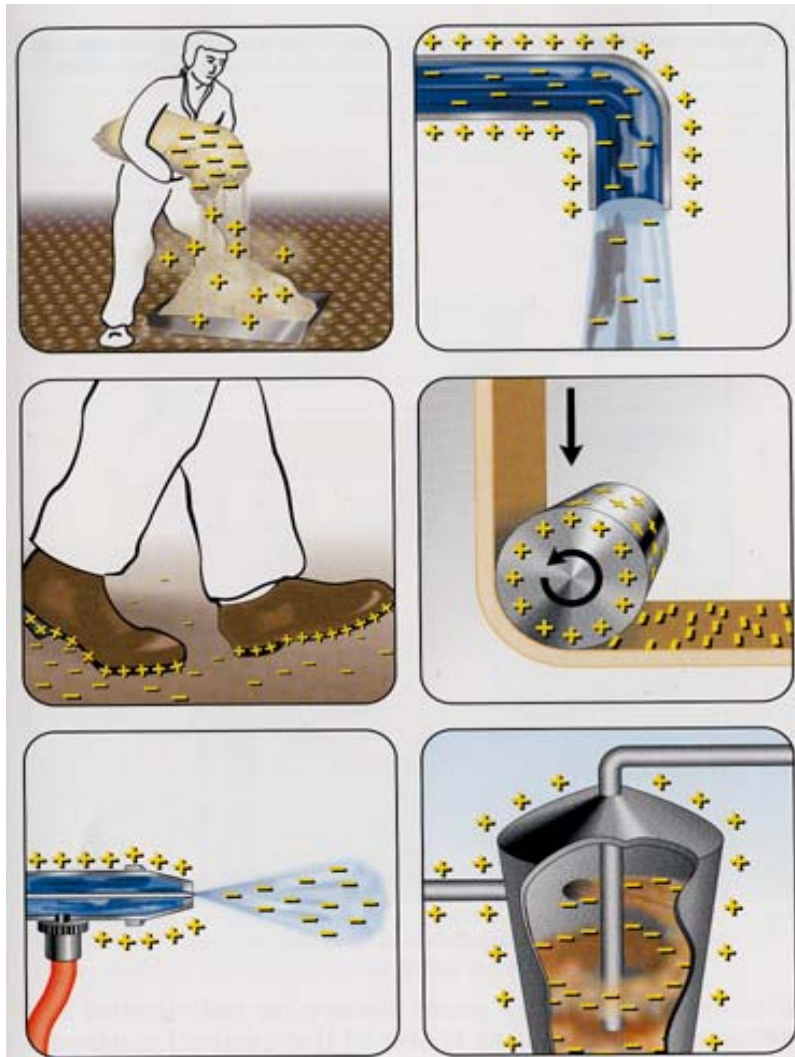
Descargas en haces deslizantes:

**Las llamadas descargas en haces deslizantes pueden producirse en procesos de separación muy rápidos, por ejemplo películas en movimiento sobre rodillos, en operaciones de transporte neumático por tubos o recipientes revestidos de material aislante, o en correas de transmisión.**

Descargas en conos de apilado:

**Las descargas en conos de apilado pueden producirse, por ejemplo, en el llenado neumático de silos.**

Todas estas formas de descarga deben considerarse capaces de encender la mayoría de los gases y vapores de disolventes, al igual que las mezclas de nieblas o polvos con aire. Las descargas en penacho, en cambio, sólo deben considerarse como una posible fuente de ignición de polvos altamente inflamables.



**Figura 3.6:** Ejemplos de separación de cargas que pueden generar una carga electrostática<sup>4</sup>

Puede obtenerse información sobre la valoración y las posibles medidas de protección consultando el informe *CENELEC Report R044-001 „Guidance and recommendations for the avoidance of hazards due to static electricity“*.

**Ejemplos:** Medidas de protección importantes que deben observarse en función de la zona:

1. poner a tierra los objetos e instalaciones conductoras,
2. llevar calzado apropiado en suelos de revestimiento apropiado, de manera que la resistencia eléctrica de una persona contra la tierra no supere los  $10^8 \Omega$  en total,
3. evitar materiales y partes de escasa conductividad eléctrica,
4. reducir las superficies no conductoras, y
5. en los procesos de transporte y llenado de polvos, evitar los tubos y recipientes metálicos conductores revestidos por dentro de aislamiento eléctrico.

### 3.3 Limitación de los efectos de las explosiones (protección mediante construcción resistente)

En algunos casos, las medidas para prevenir la formación de atmósferas explosivas y las fuentes de ignición no pueden realizarse con la fiabilidad suficiente. Entonces deben adoptarse medidas que limiten los efectos de una *explosión* hasta un nivel inocuo. Figuran entre tales medidas:

<sup>4</sup> Del prospecto de la AISS „*Gas Explosions*“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, Asociación Internacional de la Seguridad Social (AISS), Heidelberg, Alemania.

**construcción resistente a la explosión;**

**descarga de la explosión;**

**supresión de la explosión;**

**prevención de la propagación de las llamas y de la explosión.**

Estas medidas se conciben para limitar los efectos peligrosos de explosiones originadas en el interior de las instalaciones. Por lo general, al determinar las medidas de protección constructiva se suele optar por aparatos y sistemas de seguridad que corresponden a los requisitos de la Directiva 94/9/CE. Pueden adoptarse asimismo medidas estructurales como, por ejemplo, muros antideflagración.

### 3.3.1 Construcción resistente a la explosión

Las partes de instalaciones como recipientes, aparatos o tuberías se construyen de tal modo que, en caso de *explosión* en su interior, resistan sin romperse. Para ello debe tenerse en cuenta la presión inicial en la parte de instalación que corresponda cuando esta presión no sea igual a la presión atmosférica normal. Por regla general, se distingue entre los siguientes modos de *construcción resistente a la explosión*:

- Construcción para resistir la *sobrepresión máxima de explosión*.
- Construcción para resistir una *sobrepresión reducida de explosión* en combinación con la descarga de la explosión o la supresión de la explosión.

La construcción de las partes de instalación puede entonces variar entre resistencia a la presión de explosión, o resistencia al choque de la presión de explosión.

|              |   |
|--------------|---|
| <b>Nota:</b> | Si el interior de una instalación está subdividido en secciones o si dos depósitos están conectados por un conducto, puede ocurrir que en caso de producirse una <i>explosión</i> en una de las secciones aumente la presión en las demás secciones, donde se inducirá una explosión con una presión inicial mayor. De este modo se forman picos de presión que pueden ser más elevados que el parámetro " <i>presión máxima de explosión</i> " determinado en condiciones atmosféricas. Si no puede evitarse este tipo de disposición, hay que tomar las medidas pertinentes, p. ej. mediante una construcción suficientemente resistente a una mayor <i>presión de explosión</i> o mediante <i>aislamiento e interrupción de la explosión</i> si ésta se produce. |
|--------------|---|

#### 3.3.1.1 Construcción resistente a la presión de explosión

Los recipientes y aparatos *resistentes a la presión de explosión* resisten a la *sobrepresión* previsible sin deformarse de manera permanente. La *sobrepresión de explosión* previsible es la que debe utilizarse como base para el cálculo de la presión.

|              |  |
|--------------|--|
| <b>Nota:</b> | Para la mayoría de las mezclas gas/aire y polvo/aire, la <i>presión máxima de explosión</i> es de 8-10 bar, aunque puede ser más elevada para los polvos de metales ligeros. |
|--------------|--|

#### 3.3.1.2 Construcción resistente al choque de la presión de explosión

Los recipientes y aparatos *resistentes al choque de la presión de explosión* están contruidos de tal manera que pueden resistir la *sobrepresión* previsible en su interior si se produce una explosión. Se toleran en este caso las deformaciones permanentes.

Después de una explosión, deben examinarse las deformaciones en las partes de instalación afectadas.

### 3.3.2 Descarga de la explosión

El concepto de "descarga de la explosión" comprende en sentido amplio todo aquello que, durante la formación o tras cierto desarrollo de una explosión, sirve para abrir momentánea o permanentemente hacia una dirección segura la instalación inicialmente cerrada en la que se lleva a cabo la explosión si se alcanza la presión de respuesta de un *dispositivo de descarga*.

El *dispositivo de descarga* tiene por objeto impedir que la planta o instalación se vea solicitada más allá de su resistencia a la explosión. Se produce una *sobrepresión reducida de explosión*.

**Nota:** La *sobrepresión reducida de explosión* es superior a la *presión de respuesta de los dispositivos de descarga de la explosión*.

Por ejemplo, pueden utilizarse como *dispositivos de descarga de la presión* los *discos de ruptura* o las *válvulas de seguridad contra explosiones*.

**Nota:** Sólo deben emplearse *dispositivos de descarga de explosión* verificados que cumplan los requisitos de la Directiva 94/9/CE. A menudo, los dispositivos de construcción propia no son eficaces y ya han provocado accidentes graves. En principio, tampoco sirve dejar sin ajustar los tapones de recipientes, tapas, puertas y arreglos similares. Si a pesar de ello se opta por dispositivos de construcción propia de eficacia probada en la práctica, deberá acreditarse su viabilidad para la protección contra explosiones en el contexto de una valoración de riesgos, cuyas conclusiones deberán quedar reflejadas en el documento de protección contra explosiones. Donde proceda, deberán cumplirse también los requisitos de la Directiva 94/9/CE.

El cálculo de las necesarias *áreas de descarga* para instalaciones presupone, entre otras cosas, conocer los parámetros de seguridad de la mezcla.

La *descarga de la explosión* es inadmisibles si entraña la emisión de sustancias nocivas para las personas o para el medio ambiente (p. ej. sustancias tóxicas).

**Nota:** El accionamiento de los *dispositivos de descarga de la explosión* puede provocar efectos considerables en forma de llamas y presiones en la dirección de descarga. De ahí que al implantar un dispositivo de este tipo en una instalación deba velarse por que la descarga de la presión se produzca hacia una dirección no peligrosa. Así pues, debe evitarse a toda costa que la descarga de presión se canalice hacia un local de trabajo. La experiencia ha probado que cuando se implantan *dispositivos de descarga de la explosión* en instalaciones ya existentes puede resultar problemático mantener las necesarias distancias de seguridad.

**Excepción:** Cuando se emplean los llamados *tubos Q*, se admite una *descarga de la explosión* hacia un local porque los efectos de las llamas y las presiones se reducen hasta un nivel inofensivo. Pero debe vigilarse la posible liberación de gases de combustión tóxicos.

**Nota:** Si se aplica la medida de protección "*descarga de la explosión*", es necesario asegurar que las partes de instalación situadas en los tramos anteriores y posteriores se desconecten en caso de explosión.

### 3.3.3 Supresión de explosiones

En caso de explosión, los *dispositivos de supresión de explosiones* actúan por inyección rápida de productos de extinción en recipientes e instalaciones para impedir que allí se alcance la *presión máxima de explosión*. Esto significa que los aparatos así protegidos sólo deben proyectarse para una *presión reducida de explosión*.

Contrariamente a lo que ocurre en la *descarga de la explosión*, en este caso los efectos de una explosión quedan limitados al interior del aparato. Según la ejecución del dispositivo, la sobrepresión por explosión puede reducirse a aproximadamente 0,2 bar.

**Nota:** Los nuevos dispositivos de supresión de explosiones deben ser controlados y marcados como sistemas de seguridad conforme a la Directiva 94/9/CE.

|              |  |
|--------------|--|
| <b>Nota:</b> | La implantación de un dispositivo de supresión de explosiones no excluye que, en su caso, deba preverse también la desconexión de las partes de instalación situados en los tramos anteriores y posteriores. |
|--------------|--|

### 3.3.4 Prevención de la propagación de la explosión (aislamiento e interrupción de la explosión, "desconexión")

En caso de producirse una explosión en una parte de la instalación, ésta puede propagarse hacia los tramos anteriores y posteriores y provocar allí otras explosiones. Los efectos de aceleración inducidos por elementos incorporados en las instalaciones o por propagación en tuberías pueden aumentar las repercusiones de una explosión. Las *presiones de explosión* así generadas pueden rebasar ampliamente la *presión máxima de explosión* en condiciones normales, e incluso llegar a la destrucción de partes de instalación construidas para *resistir a la presión de explosión o al choque de la presión de explosión*. Por este motivo es importante limitar las *explosiones* posibles a partes de instalación aisladas. Esto se consigue con el *aislamiento e interrupción de la explosión* (desconexión) en caso de producirse ésta.

Para la *desconexión* de partes de instalación se dispone, por ejemplo, de los sistemas siguientes:

**aislamiento mecánico rápido**

**extinción de llamas en intersticios estrechos o mediante inyección de agentes extintores**

**detención de las llamas mediante fuerte contracorriente**

**intercepción hidráulica**

**compuertas.**

Para la aplicación práctica debe tenerse en cuenta lo siguiente:

|              |  |
|--------------|--|
| <b>Nota:</b> | En caso de una explosión de gas, vapor y niebla mezclada con aire, dadas las a veces elevadísimas velocidades de propagación (detonaciones), los sistemas activos de extinción son a menudo demasiado lentos, de manera que resultan preferibles los elementos pasivos como los dispositivos apagallamas (p.ej. mallas o cierres hidráulicos). |
|--------------|--|

#### 3.3.4.1 Dispositivos apagallamas para gases, vapores y nieblas

Para evitar que en una atmósfera explosiva puedan producirse una propagación de llamas, por ejemplo a través de tuberías, respiraderos y conductos de alimentación y evacuación que no estén llenos de líquido de manera permanentemente, pueden utilizarse dispositivos apagallamas. Así, por ejemplo, cuando resulte imposible evitar la formación de una atmósfera explosiva peligrosa en un contenedor de líquidos inflamables no resistente a las explosiones, será indispensable que las aberturas permanentes hacia los ámbitos en los que deba contarse con la aparición de fuentes de ignición y a través de las cuales pueda transmitirse una explosión hacia el recipiente, estén diseñadas de manera que impidan la propagación de llamas.

|              |   |
|--------------|---|
| <b>Nota:</b> | Esto atañe, por ejemplo, a las instalaciones de ventilación, indicadores de nivel, así como tuberías de alimentación y evacuación, éstas últimas cuando no se encuentren llenas de líquido de forma permanente. |
|--------------|---|

Si, por el contrario, se trata de impedir el retroceso de llamas desde el interior de un aparato hacia un área con riesgo de explosión, las citadas medidas se aplicarán de manera análoga.

El funcionamiento de los dispositivos apagallamas se basa esencialmente en uno o varios de los mecanismos siguientes:

**extinción de llamas en intersticios y canales estrechos (p. ej. mallas, metales sinterizados);**

**detención de un frente de llamas mediante evacuación de las mezclas sin quemar a la velocidad pertinente (válvulas de alta velocidad);**

**detención de un frente de llamas mediante intercepción líquida (p. ej. mallas o cierres hidráulicos).**

|              |   |
|--------------|---|
| <b>Nota:</b> | En las instalaciones resistentes a la propagación de llamas se distingue entre dispositivos resistentes a la explosión, resistentes a la combustión prolongada y resistentes a la detonación. Los dispositivos no resistentes a la combustión prolongada sólo aguantan la exposición al fuego durante un tiempo limitado y luego ya no ofrecen seguridad contra la propagación de llamas. |
|--------------|---|

### 3.3.4.2 Dispositivos de desconexión para polvos

Dado el riesgo de obstrucción, los dispositivos apagallamas para gases, vapores y nieblas no son viables en presencia de polvos. Para prevenir la propagación de explosiones de polvo a través de tuberías de comunicación, instalaciones de transporte o similares, así como la salida de llamas de partes de instalaciones, han dado buenos resultados en la práctica los dispositivos siguientes:

- **Barreras extintoras**  
En cuanto la explosión es reconocida por los detectores, los extintores inyectan en la tubería agentes extintores que sofocan las llamas. Esto no tiene efecto alguno sobre la presión de explosión que se forma por delante de la barrera de extinción. También es necesario calcular la resistencia de los conductos y aparatos situados en los tramos posteriores a la barrera habida cuenta de la presión previsible. El agente extintor debe adaptarse al tipo de polvo existente en cada caso.
- **Correderas de cierre instantáneo, compuertas de cierre rápido**  
La explosión que discurre por la tubería es reconocida por los detectores. Un mecanismo de accionamiento cierra la corredera o la compuerta en cuestión de milisegundos.
- **Válvula de cierre rápido (válvula de seguridad contra explosiones)**  
Si se rebasa cierta velocidad de flujo se cierra una válvula en la tubería. La velocidad de flujo requerida para el cierre de la válvula es la generada ya sea por la onda expansiva de la explosión ya sea por un flujo auxiliar controlado por el detector (p.ej. insuflación de nitrógeno sobre el cono de la válvula). Las válvulas de cierre rápido conocidas hasta la fecha sólo pueden instalarse en tuberías posicionadas horizontalmente, y además sólo resultan apropiadas en tuberías con una carga de polvo relativamente escasa (p. ej. en instalaciones de filtrado: en el lado del aire purificado).
- **Válvulas rotativas**  
Las válvulas rotativas sólo pueden instalarse como barrera si está acreditada su estanqueidad a la transmisión de la llama interior y su resistencia a la carga por compresión en las condiciones de servicio previstas en cada caso. En caso de explosión, el movimiento del rotor se debe detener automáticamente mediante un detector, al objeto de evitar la salida de productos en combustión.
- **Dispositivo desviador de la explosión:**  
Un dispositivo desviador de la explosión consta de segmentos de tubería conectados entre sí a través de un trozo de tubería especial. El cerramiento de la tubería frente a la atmósfera está dotado de un dispositivo de descarga (placa de recubrimiento o disco de ruptura; la sobrepresión que lo activa suele ser de  $p \leq 0,1$  bar). La propagación de la explosión se evita invirtiendo la dirección de circulación con simultánea descompresión en el codo donde se produce el desvío, una vez abierto el dispositivo de descarga.

Debe evitarse la proyección de fragmentos del dispositivo de descarga, p. ej. con una rejilla protectora. La descarga debe efectuarse siempre hacia una dirección sin riesgo, y en ningún caso hacia zonas de trabajo o vías de tránsito.

Esta medida de seguridad no será viable si entraña la emisión de sustancias nocivas para las personas o el medio ambiente.

No siempre es posible impedir la propagación de una explosión de manera fiable mediante un dispositivo desviador, aunque sí se puede frenar el avance del frente de llamas de tal manera que en el tramo posterior de la tubería se produzca como máximo un lento arranque de la explosión. Podrá contarse con un efecto de desconexión suficiente en tuberías donde no sea previsible la aparición de mezclas en concentraciones explosivas, p. ej. en muchas instalaciones de desempolvado.**Obturación (producto utilizado como barrera)**

En conjunción con la medida de protección "descarga de la explosión", una barrera de altura suficiente formada por el propio producto (p. ej. en la boca de descarga de un silo) puede resultar apropiada para aislar partes de instalaciones. La altura de apilado debe ser la suficiente, asegurada por un indicador de nivel, para que el producto resista la onda de choque de la explosión y las llamas no puedan atravesar esta barrera.

- **Corredera doble**

Un sistema de doble corredera instalado en la boca de descarga de producto de aparatos resistentes a las explosiones puede detener la propagación de llamas por ese punto. En tal caso, las correderas deben ofrecer como mínimo la misma resistencia que el aparato. Con las maniobras de control pertinentes, debe asegurarse que alternativamente siempre haya una corredera cerrada.

|   |
|---|
| <b>Nota:</b> Todos los dispositivos de desconexión sometidos a la Directiva 94/9/CE deben estar controlados como sistemas de protección conforme a los requisitos de ésta y llevar la identificación correspondiente. |
|---|

### 3.4 Aplicación de sistemas de control de procesos

Las medidas de protección contra explosiones descritos hasta ahora se pueden mantener, vigilar y accionar mediante dispositivos de seguridad, control y regulación (en lo sucesivo denominados sistemas de control de procesos, SCP). Por lo general, pueden utilizarse SCP para prevenir la aparición de *atmósferas explosivas peligrosas*, evitar las *fuentes de ignición* o atenuar los efectos nocivos de una explosión.

Las *fuentes de ignición* potenciales como, por ejemplo, una superficie caliente, se pueden vigilar a través de SCP y mantener a una temperatura no peligrosa mediante las maniobras apropiadas. También es posible desactivar las *fuentes de ignición* potenciales en presencia de una *atmósfera explosiva peligrosa*. Así, por ejemplo, en caso de activarse un detector de gas, se puede desconectar la tensión de los aparatos eléctricos no protegidos contra explosiones si esta operación permite neutralizar las fuentes de ignición potenciales en el interior del aparato. La formación de una *atmósfera explosiva peligrosa* puede prevenirse, por ejemplo, accionando un ventilador antes de que se alcance la concentración máxima admisible de gas. Tales SCP permiten reducir las *áreas de riesgo (zonas)* y minimizar o excluir totalmente la probabilidad de que se produzca una *atmósfera explosiva peligrosa*. Asociados a dispositivos para atenuar los efectos nocivos de una explosión, constituyen sistemas de seguridad (por ejemplo, supresión de la explosión) y se describen en el apartado 3.3 en el contexto de la protección mediante construcción resistente. La configuración y envergadura de estos SCP y de las medidas que activan dependerán de la probabilidad de aparición de una *atmósfera explosiva peligrosa* y de *fuentes de ignición* efectivas. La fiabilidad de los SCP unidos a las medidas técnicas y organizativas adoptadas en materia de protección contra las explosiones debe asegurar que el riesgo de explosión se mantenga dentro de un nivel admisible en cualquier circunstancia de explotación. En algunos casos puede resultar útil combinar SCP para prevenir las *fuentes de ignición* con SCP para prevenir las *atmósferas explosivas peligrosas*.

La fiabilidad necesaria en los SCP se orientará por la valoración de los riesgos de explosión. La fiabilidad de la función protectora de los SCP y de sus componentes se alcanzará mediante la prevención y el gobierno de errores (teniendo en cuenta todas las condiciones de explotación y las medidas de control y de mantenimiento).



**Ejemplo:** Si la valoración de los riesgos de explosión y el esquema de protección contra explosiones llevan a la conclusión de que, a falta de un sistema de control de procesos, el riesgo será muy elevado, p.ej. presencia prolongada o frecuente de una atmósfera explosiva peligrosa (zona 0, zona 20) y posibilidad de encendido de una fuente de ignición en caso de disfunción, dichos dispositivos SCP deberán estar configurados de tal manera que un sólo fallo en uno de sus componentes no pueda comprometer la eficacia de todo el sistema de seguridad. Esto puede conseguirse, por ejemplo, mediante la utilización redundante de dispositivos SCP. También puede lograrse un efecto similar combinando un SCP para prevenir la formación de atmósfera explosivas peligrosas con un SCP independiente para prevenir la activación de las fuentes de ignición.

El cuadro 3.2 muestra esquemas de SCP para prevenir que una fuente de ignición se vuelva efectiva en condiciones operativas normales, en caso de disfuncionamientos previsibles y averías raras y que pueden utilizarse de manera alternativa, adicional o complementaria a las medidas técnicas.

**Ejemplo:** En la zona 1 hay que utilizar un engranaje con varios cojinetes. En condiciones de funcionamiento normales, la temperatura de los cojinetes se sitúa bien por debajo de la *temperatura de ignición* de la mezcla gas/aire. En caso de disfunción (p.ej. por pérdida de lubricante) la temperatura de los cojinetes puede alcanzar la *temperatura de ignición* en caso de no adoptarse medidas preventivas. Puede conseguirse un grado suficiente de seguridad con la vigilancia de la temperatura de los cojinetes, que al alcanzar la *temperatura de superficie máxima admisible* detenga el movimiento del engranaje.

Los requisitos para dispositivos SCP del cuadro 3.2 pueden aplicarse de manera análoga a la prevención de *atmósferas explosivas peligrosas* cuando la probabilidad de aparición de fuentes de ignición potenciales imponga la protección de una zona determinada.

**Ejemplo:** En un armario secador se ponen a secar piezas de trabajo recubiertas de disolvente. En caso de avería, la temperatura superficial de la calefacción puede alcanzar la temperatura de ignición. Un SCP unido a un ventilador deberá asegurar que la concentración de vapor del disolvente no supere el límite inferior de explosividad (margen de seguridad específico a la instalación). Este SCP unido al ventilador también debe seguir funcionando con eficacia en caso de una avería (p.ej. corte en el suministro eléctrico).

**Nota:**

1. Las medidas SCP descritas sólo pueden aplicarse si los parámetros físicos, químicos y técnicos pertinentes a efectos de la protección contra explosiones resultan controlables o regulables con un esfuerzo razonable y con la rapidez suficiente. Así, por ejemplo, tales sistemas generalmente no pueden influir en las propiedades de los materiales.
2. Los nuevos SCP utilizados para evitar las fuentes de ignición o la formación (sin prevención fiable) de una atmósfera explosiva en un área de riesgo deben ajustarse a los requisitos de la Directiva 94/9/CE. El examen de conformidad de tipo de tales SCP deberá efectuarse siempre con arreglo a la categoría del aparato que se trata de proteger.

**Cuadro 3.2:** Esquemas de utilización de dispositivos SCP para reducir la probabilidad de formación de fuentes de ignición

| Zona de riesgo   | Existencia de fuentes de ignición   | Requisitos para dispositivos SCP   |
|------------------|---|--|
| No existe        | existe por necesidades operativas   | ninguno  |
| Zona 2 o zona 22 | existe por necesidades operativas   | dispositivo adecuado independiente para prevenir fuentes de ignición         |
|                  | no previsible en condiciones operativas normales  | ninguno  |
| Zona 1 o zona 21 | existe por necesidades operativas   | dos dispositivos adecuados independientes para prevenir fuentes de ignición* |
|                  | no previsible en condiciones operativas normales  | dispositivo adecuado independiente para prevenir fuentes de ignición         |
|                  | no previsible en condiciones operativas normales ni en caso de avería                           | Ninguno  |
| zona 0 o zona 20 | no previsible en condiciones operativas normales  | dos dispositivos adecuados independientes para prevenir fuentes de ignición  |
|                  | no previsible en condiciones operativas normales ni en caso de avería                           | dispositivo adecuado independiente para prevenir fuentes de ignición*        |
|                  | no previsible en condiciones operativas normales, en caso de avería ni en caso de averías raras | Ninguno  |

\* o un dispositivo equivalente sometido al examen de conformidad según la Directiva 94/9/CE.

### 3.5 Requisitos para los equipos de trabajo

El empresario debe velar por que los *equipos de trabajo* y todo el *material de instalación* es apto para la utilización en *áreas de riesgo*. Para ello se tendrá también en cuenta las condiciones ambientales en el puesto de trabajo considerado en cada caso. Los equipos de trabajo deben ser montados, instalados y utilizados de tal manera que no puedan provocar ninguna explosión.

#### 3.5.1 Selección de los equipos de trabajo

En todos los ámbitos en los que pueda haber presencia de *atmósferas explosivas* deben elegirse *aparatos* y *sistemas de seguridad* correspondientes a las *categorías* determinadas en la Directiva 94/9/CE, cuando el *documento de protección contra explosiones* no prevea otra cosa en razón del análisis de riesgos efectuado. Para la utilización segura de aparatos en áreas de riesgo deben considerarse también otros criterios como, por ejemplo, *clase de temperatura*, *tipo de protección contra ignición*, *grupo de explosión*, etc. Estos criterios dependerán de los parámetros de combustibilidad y explosividad de las sustancias utilizadas.

Los equipos de trabajo destinados a ser utilizados en lugares en los que puedan formarse atmósferas explosivas y que ya se estén utilizando o se pongan a disposición para su uso por primera vez en una empresa o establecimiento antes del 30 de junio de 2003 deberán cumplir a partir de dicha fecha las disposiciones mínimas enumeradas en la parte A del anexo II, cuando no sea aplicable ninguna otra directiva comunitaria o sólo lo sea parcialmente.

Los equipos de trabajo destinados a ser utilizados en lugares en los que puedan formarse atmósferas explosivas y que estén disponibles por primera vez en una empresa o establecimiento después del 30 de junio de 2003 deberán cumplir las disposiciones mínimas de las partes A y B del anexo II.

Aunque los equipos de trabajo no incluidos en la definición de "aparatos" de la Directiva 94/9/CE no puedan cumplir los requisitos de esta directiva, deben no obstante conformarse a la Directiva 1999/92/CE.

Si la valoración de los riesgos de explosión (propiedades de la sustancia, procedimiento) pone de manifiesto que el grado de riesgo previsible para los trabajadores y para terceros es anormalmente elevado, podrá resultar necesario un grado de protección mayor para los aparatos y equipos de trabajo elegidos. Los equipos de trabajo móviles que, por su tipo de servicio, puedan llegar a emplearse en áreas de riesgo de clasificación diversa, deberán elegirse atendiendo a la situación de riesgo mayor. Así pues, si un aparato se utiliza tanto en la zona 1 como en la zona 2, deberá responder a los requisitos de la zona 1.

Podrá hacerse una excepción a este criterio cuando, durante el tiempo utilización de los equipos móviles en una área de riesgo, sea posible garantizar su funcionamiento seguro mediante las medidas organizativas pertinentes. Estas medidas deben detallarse en el permiso de trabajo y/o en el documento de protección contra explosiones. Tales equipos sólo podrán ser manejados por personal formado para ello (Directiva 89/655/CEE).

**Cuadro 3.3:** Aparatos utilizables en zonas diferentes

| En la zona | Categoría utilizable sin medidas adicionales | De estar proyectados para  |
|------------|--|--|
| 0          | II 1 G                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• mezclas gas/aire</li> <li>• mezclas vapor/aire</li> <li>• niebla</li> </ul> |
| 1          | II 1 G ó 2 G                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• mezclas gas/aire</li> <li>• mezclas vapor/aire</li> <li>• niebla</li> </ul> |
| 2          | II 1 G ó 2 G ó 3 G                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• mezclas gas/aire</li> <li>• mezclas vapor/aire</li> <li>• niebla</li> </ul> |
| 20         | II 1 D                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• mezclas polvo/aire</li> </ul>   |
| 21         | II 1 D ó 2 D                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• mezclas polvo/aire</li> </ul>   |
| 22         | II 1 D ó 2 D ó 3 D                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• mezclas polvo/aire</li> </ul>   |

**Nota:** Si se quiere utilizar aparatos en presencia de mezclas híbridas, éstos deben ser aptos y, si procede, verificados para tal uso. Así, por ejemplo, un aparato clasificado como II 2 G/D no será al mismo tiempo forzosamente apto y admisible para ser utilizado con mezclas híbridas.

### 3.5.2 Ensamblado de los equipos de trabajo

Los equipos de trabajo y sus dispositivos de conexión (p. ej. tuberías, empalmes eléctricos) deben estar ensamblados de tal manera que no puedan provocar o desencadenar una explosión. Su puesta en servicio sólo podrá autorizarse si la valoración de los riesgos de explosión determina que su utilización no puede entrañar la ignición de una *atmósfera explosiva*. Esto es aplicable también a los equipos de trabajo y sus dispositivos de conexión que no se consideran *aparatos* y *sistemas de seguridad* a efectos de la Directiva 94/9/CE.

De conformidad con la Directiva 89/655/CEE (seguridad y salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de los equipos de trabajo), el empresario debe asegurarse de que los equipos de trabajo empleados son apropiados para funcionar en las condiciones efectivas de servicio y utilización. También en la elección de los materiales de instalación, la ropa de trabajo y a los equipos de protección personal es necesario asegurarse de su idoneidad.

## 4. Medidas organizativas para la protección contra explosiones

Cuando en un lugar de trabajo exista un riesgo potencial de explosión, ello plantea también exigencias a la organización del trabajo. Deberán adoptarse medidas organizativas cuando las medidas técnicas no basten para garantizar y mantener la protección contra explosiones en el lugar de trabajo. En la práctica, la seguridad del entorno de trabajo también podrá alcanzarse mediante la combinación de medidas técnicas y organizativas para la protección contra explosiones.

**Ejemplo:** Cuando se producen fugas de gas inerte a través de aberturas presentes por razones de funcionamiento o de avería, se expone a los trabajadores al riesgo de desalojamiento del oxígeno (peligro de asfixia). Es la razón por la cual, por ejemplo, sólo podrá penetrarse en un aparato inertizado después de haber suprimido la inertización y aportado el oxígeno suficiente, o adoptando las precauciones pertinentes con utilización de aparatos de respiración.

Mediante medidas organizativas las fases de trabajo se configuran de tal manera que no puedan exponer a los trabajadores a riesgos de explosión. También el mantenimiento de las medidas de protección técnicas mediante inspección, mantenimiento y reparación debe quedar fijado organizativamente. Las medidas organizativas deben tener en cuenta asimismo las posibles interacciones entre las medidas de protección contra explosiones y las etapas de trabajo. Con estas medidas de protección combinadas debe asegurarse que los trabajadores puedan realizar los trabajos que tienen encomendados sin poner en peligro su seguridad y salud ni tampoco la seguridad y salud de otros.



**Figura 4.1:** Ejemplos de medidas organizativas en la protección de explosiones<sup>4</sup>

Deben realizarse las medidas organizativas siguientes:

**elaboración de instrucciones de trabajo por escrito cuando así lo exija el documento de protección contra explosiones**

**instrucción de los trabajadores sobre la protección contra explosiones**

**cualificación suficiente de los trabajadores**

**aplicación de un sistema de "permiso para trabajar" en trabajos peligrosos cuando así lo exija el documento de protección contra explosiones**

**realización de los trabajos de mantenimiento**

**realización de controles y vigilancia**

**donde proceda, marcado de las zonas de riesgo.**

Las medidas organizativas adoptadas para la protección contra explosiones deben documentarse en el documento de protección contra explosiones (véase el capítulo 6). En la figura 4.1 se ofrecen algunos ejemplos de medidas organizativas en la protección contra explosiones.

<sup>4</sup> Del prospecto de la AISS „Gas Explosions“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, Asociación Internacional de la Seguridad Social (AISS), Heidelberg, Alemania.

#### 4.1 Instrucciones de servicio

Las instrucciones de servicio son disposiciones y normas de comportamiento vinculantes relacionadas con la actividad que el empresario da a los trabajadores por escrito. En ellas se describen los peligros que el lugar de trabajo entraña para el hombre y el medio ambiente, y se señalan las medidas protectoras adoptadas o de cumplimiento obligado.

Las instrucciones de servicio son elaboradas por el empresario o una persona capacitada por él designada. Los trabajadores deben observar estas instrucciones, que se refieren a un puesto de trabajo o sector de actividad determinado. Las instrucciones de servicio para lugares de trabajo con riesgo de atmósfera explosiva también deben reflejar especialmente dónde existen qué riesgos, dónde y cómo se autorizan qué equipos de trabajo móviles y si es preciso utilizar algún equipo de protección personal.

**Ejemplo:** Las instrucciones de servicio pueden incluir una lista de todos los equipos de trabajo móviles de utilización autorizada en las respectivas zonas de riesgo. En las instrucciones de servicio se señalará asimismo qué equipos de protección personal deben utilizarse para penetrar en dichas áreas.

Las instrucciones de servicio deben redactarse de tal modo que todo trabajador pueda comprender y aplicar su contenido. Si la empresa emplea a trabajadores que no dominan suficientemente la lengua del país, las instrucciones de servicio deberán estar redactadas en una lengua que puedan comprender.

A efectos prácticos, las instrucciones de servicio relativas a una actividad y que describen riesgos diversos u obedecen a disposiciones legales diferentes pueden resumirse en una misma instrucción de servicio. Se consigue así un enfoque homogéneo de los riesgos.

Se recomienda una presentación homogénea de las instrucciones de servicio en una empresa, a fin de aprovechar el efecto de reconocimiento.

#### 4.2 Cualificación suficiente de los trabajadores

En cada lugar de trabajo es preciso disponer del número suficiente de trabajadores que dispongan de la experiencia y formación necesarias en materia de protección contra explosiones para poder ejecutar las tareas que tienen encomendadas.

#### 4.3 Formación de los trabajadores

Mediante una formación organizada por el empresario, debe informarse a los trabajadores de los riesgos de explosión existentes en el lugar de trabajo y de las medidas de protección adoptadas. En esta formación debe explicarse cómo y en qué puntos del lugar de trabajo surge el riesgo de explosión. Hay que presentar las medidas de protección contra las explosiones y explicar su funcionamiento. También debe explicarse la manipulación correcta de los equipos de trabajo disponibles. Los trabajadores deben ser formados para la ejecución segura de las tareas en *áreas de riesgo* o a proximidad de éstas. Esto incluye también la explicación del significado de la posible señalización de las *áreas de riesgo* e indicación de los equipos móviles cuya utilización está autorizada en estas áreas (véase el apartado 3.5.1). Además, también debe informarse a los trabajadores de los equipos de protección personal que deben utilizar durante el trabajo. La formación debe hacer referencia igualmente a las instrucciones de servicio existentes.

**Nota:** Con unos trabajadores bien formados se aumenta considerablemente la seguridad en la empresa. Las posibles desviaciones del proceso perseguido se reconocen más deprisa y, de este modo, también pueden corregirse con mayor rapidez.

La formación de los trabajadores debe realizarse en los momentos siguientes (Directiva 89/391/CEE):

- su contratación (antes de comenzar la actividad),**
- un traslado o una modificación de sus tareas,**
- la introducción o modificación de equipos de trabajo,**
- la introducción de una nueva tecnología.**

La formación de los trabajadores debe efectuarse a intervalos apropiados, por ejemplo una vez al año. Al término de la instrucción puede resultar un examen sobre los conocimientos impartidos

La obligación de formación se aplica igualmente a los trabajadores de empresas ajenas. La instrucción debe correr a cargo de una persona debidamente capacitada. Debe documentarse por escrito la fecha, el contenido y los participantes en las acciones de instrucción.

#### **4.4 Vigilancia de los trabajadores**

En los ámbitos de trabajo en que puedan formarse atmósferas explosivas en cantidades que amenacen la seguridad y salud de los trabajadores, debe asegurarse la vigilancia apropiada durante la presencia de trabajadores, de conformidad con la evaluación de riesgos, mediante la utilización de los medios técnicos apropiados.

#### **4.5 Sistema de permiso de trabajo**

Si dentro o a proximidad de un *área de riesgo* se realizan trabajos que pudieran dar lugar a una explosión, dichos trabajos deben ser autorizados por la persona responsable de la empresa en cuestión. Esto se aplica también a los procesos de trabajo que puedan plantear riesgos por solaparse con otros trabajos. Para tales casos se han comprobado las ventajas de instaurar un sistema de "permiso de trabajo" que puede realizarse, por ejemplo, mediante un formulario de autorización para trabajar que deben recibir y firmar todos los participantes.

**Ejemplo:** En el formulario de permiso de trabajo debe consignarse, cómo mínimo, lo siguiente:

1. el lugar exacto de la empresa en que deben realizarse los trabajos
2. indicación clara del trabajo que debe efectuarse
3. indicación de los riesgos
4. precauciones necesarias; la persona que toma las precauciones debe firmar para acreditar su cumplimiento
5. equipos de protección personal necesarios
6. inicio y finalización previsible de los trabajos
7. aceptación, confirmación, comprensión
8. procedimiento de extensión/relevo de turno
9. retorno de la instalación para comprobación y reanudación del servicio
10. cancelación, instalación probada y reanudación del servicio
11. parte de cualquier anomalía detectada durante el trabajo.

Al término de los trabajos debe comprobarse si sigue manteniéndose o se ha restablecido la seguridad de la instalación. Debe informarse a todos los participantes sobre la finalización de los trabajos.

#### **4.6 Mantenimiento**

El mantenimiento comprende las operaciones de reparación, conservación, así como de inspección o verificación. Antes de empezar un mantenimiento, es preciso informar a todos los participantes y autorizar dichos trabajos, preferiblemente a través de un sistema de permiso de trabajo (véase más arriba). Los trabajos de mantenimiento deben confiarse únicamente a personas capacitadas para ello.

La experiencia ha demostrado que los trabajos de mantenimiento entrañan un riesgo de accidente más elevado. Por esta razón, resulta necesario poner gran cuidado en la adopción de las necesarias medidas de protección antes, durante y después de su realización.

**Nota:** A ser posible, en los trabajos de mantenimiento debería efectuarse una separación mecánica y/o eléctrica de los aparatos o partes de instalaciones que pudieran provocar una explosión en caso de puesta en marcha involuntaria durante estos trabajos. Si, por ejemplo, deben realizarse operaciones con llama libre en un recipiente, es necesario separar de éste y cerrar (p.ej. con una brida ciega o un dispositivo comparable) todas las tuberías por donde pueda salir una *atmósfera explosiva peligrosa* o que estén comunicadas con otros recipientes que pudieran contenerla.

En el caso de trabajos de mantenimiento con riesgo de ignición en atmósferas potencialmente explosivas, debería excluirse la presencia de una *atmósfera explosiva peligrosa*. Debería asegurarse el mantenimiento de este estado durante el tiempo de realización de los trabajos y, en caso necesario, también durante cierto tiempo adicional (p.ej. procesos de enfriamiento).

Salvo en circunstancias excepcionales y previa adopción de otras medidas apropiadas, las partes de instalación objeto del trabajo deberán, según necesidad, ser vaciadas, distendidas, limpiadas, enjuagadas y estar libres de sustancias inflamables. Estas sustancias no deben llegar al lugar de trabajo durante las operaciones de mantenimiento.

En los trabajos que puedan producir la proyección de chispas (p. ej. soldadura, corte, amolado) debe preverse un apantallamiento adecuado (véase la figura 4.2). En su caso, debe instaurarse una guardia contra incendios.



**Figura 4.2:** Ejemplo de medidas de apantallamiento en trabajos con proyección de chispas<sup>1</sup>

Una vez terminados los trabajos de mantenimiento es necesario cerciorarse de que, antes de reanudarse el servicio normal, vuelvan a estar activadas las medidas de protección contra explosiones necesarias para dicho funcionamiento normal. En los trabajos de mantenimiento y reparación, la aplicación de un sistema de permiso de trabajo (véase más arriba) puede resultar especialmente útil. Para la reactivación de las medidas de protección contra explosiones puede ser de utilidad la utilización de una lista de comprobación confeccionada a este efecto.

#### 4.7 Examen y comprobación

Antes de utilizar por primera vez un lugar de trabajo con áreas en las que puedan aparecer *atmósferas explosivas peligrosas*, es preciso controlar la seguridad de la instalación en su conjunto. Dicha comprobación también se impone después de incidentes o modificaciones en la instalación que afecten a la seguridad.

<sup>4</sup> Del prospecto de la AISS „Gas Explosions“, The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, Asociación Internacional de la Seguridad Social (AISS), Heidelberg, Alemania.



La eficacia de las medidas de protección contra explosiones debe verificarse periódicamente. La frecuencia de esta verificación dependerá del tipo de medida y se confiará únicamente a personas capacitadas.

Se consideran capacitadas las personas que por su formación profesional, experiencia profesional y actual ejercicio profesional dispongan de amplios conocimientos en materia de protección contra explosiones.

**Ejemplo:** Al objeto de asegurar su funcionamiento correcto, las instalaciones de detección de gas deben ser controladas por una persona capacitada tras su implantación y posteriormente a intervalos periódicos. Para ello se observarán las posibles disposiciones nacionales aplicables y las instrucciones del fabricante. En caso de poder formarse mezclas híbridas, los detectores deben ser adecuados para ambas fases y calibrados frente a las mezclas posibles.

**Ejemplo:** Antes de su primera puesta en servicio, la ventilación destinada a la prevención de *atmósferas explosivas peligrosas* y las correspondientes instalaciones de vigilancia deben someterse al examen de una persona capacitada que compruebe la eficacia conseguida. Deben efectuarse controles periódicos. En instalaciones de ventilación con mecanismos regulables (p.ej. válvulas de estrangulación, chapas deflectoras, ventiladores de régimen variable), debería efectuarse un control con ocasión de cada nuevo ajuste. Es recomendable bloquear tales instalaciones contra desajustes involuntarios. En las instalaciones de ventilación automáticas, el control debería referirse a toda la gama de ajuste.

#### 4.8 Señalización de las atmósferas potencialmente explosivas

Allí donde sea preciso, el empresario debe señalar, conforme a la Directiva 1999/92/CE, los accesos a las zonas con riesgo de atmósferas explosivas en cantidad peligrosa para la seguridad y salud de los trabajadores con la señal de advertencia siguiente:



**Figura 4.3:** Señal de advertencia para identificar las áreas con riesgo de explosión.

Características distintivas:

**forma triangular**

**letras negras sobre fondo amarillo, bordes negros (el amarillo debe cubrir como mínimo el 50 % de la superficie de la señal);**

Tal señalización es necesaria, por ejemplo, en locales o zonas en los que pueda aparecer una *atmósfera explosiva peligrosa* (p.ej. locales o recintos vallados donde se almacenen líquidos inflamables). No tiene utilidad, en cambio, señalar una parte de instalación plenamente protegida con una construcción resistente a las explosiones. Cuando el *área de riesgo* no abarque la totalidad del local sino sólo una parte del mismo, esta área podrá señalizarse mediante un rayado amarillo y negro aplicado, por ejemplo, en el suelo.

La señalización puede completarse con otras explicaciones que indiquen, por ejemplo, el modo y frecuencia de aparición de una *atmósfera explosiva peligrosa* (sustancia y zona). Pueden colocarse otras señales de advertencia en aplicación de la Directiva 92/58/CEE como, por ejemplo, la prohibición de fumar, etc.

En el contexto de la formación, debe informarse a los trabajadores de la señalización y de su significado.

## 5. Obligaciones de coordinación

En caso de trabajar de manera simultánea y a proximidad personas o grupos de trabajo independientes entre sí, pueden ponerse mutuamente en peligro de manera inadvertida. Estos peligros se generan sobre todo porque los participantes se concentran en primer lugar en su propia tarea. A menudo no conocen, o sólo vagamente, el comienzo, la naturaleza y envergadura de los trabajos realizados a su lado.

**Ejemplos:** Consecuencias típicas de riesgos de explosión planteados por una mala coordinación entre personal interno y externo:

1. La empresa externa desconoce el riesgo existente en la empresa contratante y sus repercusiones para las actividades propias.
2. Los sectores afectados de la empresa contratante a menudo no saben que hay personal externo trabajando en la empresa o qué potencial de riesgo estas actividades entrañan para la empresa.
3. No se informa al personal directivo de la empresa contratante de cómo ellos y su personal deben comportarse frente a las empresas ajenas.

El trabajo ejecutado en el seno de un grupo respetando las normas de seguridad no excluye el riesgo para otras las personas presentes en el entorno inmediato. Sólo podrá garantizarse la prevención de riesgos mutuos mediante la coordinación entre todos los participantes en tiempo oportuno.

Por esta razón, en la adjudicación de trabajos el mandante y el mandatario están sometidos a la obligación de coordinación para no ponerse mutuamente en peligro. Esta obligación de coordinación se corresponde también con lo dispuesto en el apartado 4 del artículo 7 de la Directiva marco 89/391/CEE en caso de que se ocupe en un mismo lugar a trabajadores de varios empresarios. En emplazamientos de obras de construcción deben observarse, además, las disposiciones nacionales en la materia.

### 5.1 Modalidades de coordinación

Cuando en un mismo lugar de trabajo se emplee a trabajadores de varias empresas, cada empresario será responsable de los ámbitos que estén sometidos a su control.

Sin perjuicio de esta responsabilidad individual de cada empresario conforme a la Directiva 89/391/CEE, incumbe al empresario responsable del lugar de trabajo conforme a la legislación y/o las prácticas nacionales coordinar la aplicación de todas las medidas relativas a la salud y seguridad de los trabajadores. Está obligado a velar por un desarrollo seguro de la actividad a fin de proteger la vida y la salud de los *trabajadores*. Para ello debe informarse de los riesgos de explosión, convenir medidas de protección con las personas participantes, impartir instrucciones y controlar el cumplimiento de éstas. En el documento de protección sobre explosiones hará constar el objetivo de la coordinación y las medidas y procedimientos para llevarla a cabo.

El empresario responsable del lugar de trabajo conforme a la legislación y/o las prácticas nacionales también tiene la responsabilidad de coordinar con todos los empresarios que comparten el lugar de trabajo la aplicación de todas las medidas relativas a la salud y seguridad de los trabajadores.

Dependiendo del tamaño de la empresa o por otras razones, el empresario no siempre está en condiciones de cumplir esta obligación por sí solo. Por ello debería delegar las responsabilidades del empresario en los directivos apropiados de su empresa. La responsabilidad de coordinación deberá ser asumida por el coordinador.

**Nota:** La puesta en peligro mutua deberá temerse sobre todo con trabajos realizados en el interior o a proximidad de *zonas de riesgo* o con sustancias inflamables que puedan dar lugar a una *atmósfera explosiva peligrosa*, aunque dicho peligro no quede patente a primera vista. Por esto se sugiere al empresario que, en caso de duda, designe un coordinador.

En razón de la responsabilidad específica de planificación, seguridad y organización, el empresario o el coordinador deberán poseer las siguientes cualificaciones en materia de protección contra explosiones:

**conocimientos específicos en el ámbito de la protección contra explosiones**

**conocimientos específicos sobre las disposiciones nacionales para la transposición de las Directivas 89/391/CEE y 1999/92/CE**

**conocimiento de la estructura organizativa de la empresa**

**capacidad directiva para imponer la ejecución de las disposiciones necesarias**

La misión del empresario o del coordinador consiste básicamente en orquestar las actividades de los grupos de trabajo participantes, pertenezcan o no a su empresa, con el fin de reconocer los riesgos que pudieran generarse mutuamente y poder intervenir en caso de necesidad. Por esto debe ser informado a tiempo de los trabajos previstos.

**Nota:** Tanto los trabajadores propios como los subcontratados o cualquier otra persona activa en los locales o terrenos de la empresa deben apoyar al empresario o, en su caso, al coordinador facilitándole a tiempo la información siguiente:

- trabajo que debe realizarse
- comienzo previsto del trabajo
- finalización prevista del trabajo
- lugar en de los trabajos
- personal que va a trabajar
- modo de trabajo previsto, así como medidas y procedimientos para aplicar el documento de protección contra explosiones
- nombre del (los) responsable(s).

Las obligaciones del empresario o del coordinador comprenden, en particular, la realización de visitas sobre el terreno y reuniones de coordinación, así como la planificación, el control y, en su caso, reprogramación de las operaciones en respuesta a disfunciones. Véase la lista de comprobación A.3.5.

## **5.2 Medidas de protección para la colaboración segura**

En empresas con *atmósferas explosivas peligrosas*, la colaboración puede producirse a diferentes niveles y en todos los sectores. Por consiguiente, a la hora de determinar y ejecutar medidas para prevenir los riesgos mutuos será necesario tener en cuenta toda actividad realizada por personas conjuntamente o a proximidad, o en interacción a determinada distancia (por ejemplo, al trabajar en la misma tubería o el mismo circuito eléctrico en emplazamientos diferentes).

En la práctica, las medidas de coordinación para la protección contra explosiones suelen estar incluidas en las obligaciones generales de coordinación:

1. durante la fase de planificación,
2. durante la fase de ejecución y
3. una vez terminados los trabajos.

Durante estas fases, el empresario o su coordinador también debe velar por las medidas de protección de carácter organizativo para prevenir las interacciones entre *atmósfera explosiva peligrosa*, fuentes de ignición y disfunciones operativas.

- Ejemplos:**
1. Evitar la formación de una *atmósfera explosiva peligrosa* en el entorno de las instalaciones técnicas que incluyan fuentes de ignición [ver apartado 3.1], p.ej. mediante utilización de sustancias alternativas en lugar de productos de limpieza que contengan disolventes, lacas, etc. o mediante una ventilación suficiente.
  2. Evitar la utilización y formación de fuentes de ignición en ámbitos con *atmósfera explosivas*, p.ej. en trabajos de soldadura, corte y separación [ver apartados 4.4/4.5 y modelo A.3.3].
  3. Evitar las disfunciones operativas, p.ej. por corte en el suministro de gas, generación de fluctuaciones de presión o desconexión de energías o sistemas de seguridad como consecuencia de trabajos a proximidad.

Para comprobar si durante la ejecución de los trabajos se realizan las medidas de seguridad convenidas, si las personas participantes están suficientemente informadas y si se comportan de conformidad con las medidas de seguridad acordadas, se puede utilizar una lista de comprobación [véase anexo 3.4].

- Nota:** Independientemente de las responsabilidades individuales, todos los participantes deben:
- buscar contacto,
  - ponerse de acuerdo,
  - tener consideración,
  - cumplir lo acordado.

## 6. Documento de protección contra explosiones

### 6.1 Requisitos derivados de la Directiva 1999/92/CE

En el contexto de sus obligaciones conforme al artículo 4 de la Directiva 99/92/CE, el empresario debe velar por que se establezca un documento actualizado permanentemente.

Conforme a la Directiva, el documento de protección contra explosiones debe consignar como mínimo lo siguiente:

**que se han determinado y evaluado los riesgos de explosión;**

**que se adoptan las medidas apropiadas para cumplir los objetivos de la Directiva;**

**qué ámbitos se han dividido en zonas;**

**en qué ámbitos son aplicables las disposiciones mínimas conforme al anexo II de la Directiva;**

**que el lugar de trabajo y los equipos de trabajo, incluidos los dispositivos de alarma, se han configurado de manera segura y se utilizan y mantienen de manera segura;**

**que se han adoptado disposiciones para la utilización segura de los equipos de trabajo, de conformidad con la Directiva 89/655/CEE del Consejo.**

El documento de protección contra explosiones debe elaborarse antes de que iniciar el trabajo y revisarse en caso de modificaciones, ampliaciones o transformaciones importantes de los lugares de trabajo, equipos de trabajo o procesos de trabajo.

El *empresario* puede combinar entre sí e integrar en el documento de protección contra explosiones las evaluaciones de riesgos, los documentos u otros informes equivalentes ya existentes.

## 6.2 Puesta en práctica

El documento de protección contra explosiones tiene por objeto dar una visión de conjunto de las conclusiones de la evaluación de riesgos y de las medidas técnicas y organizativas que se imponen en consecuencia para proteger una instalación y su entorno de trabajo.

A continuación se ofrece un ejemplo de la estructura que podría adoptar un documento de protección contra explosiones. Esta estructura tipo contiene puntos que pueden resultar útiles para presentar los requisitos arriba enumerados y puede utilizarse como recordatorio en la elaboración de documentos de protección contra explosiones.

Sin embargo, no debe entenderse que todos estos puntos tienen que aparecer forzosamente en un documento de protección contra explosiones. El documento de protección contra explosiones debe adaptarse a las condiciones operativas existentes en cada caso. Debe estar estructurado lo mejor posible, resultar de fácil lectura y permitir una comprensión global. Por esta razón, el volumen de la documentación no debe ser excesivo. Puede ser aconsejable configurarlo de manera flexible para poder ampliarlo si hiciera falta, p.ej. en forma de colección de fichas sueltas, especialmente en el caso de instalaciones de gran tamaño o de modificaciones técnicas frecuentes.

En el artículo 8 de la Directiva 1999/92/CE se establece expresamente la posibilidad de combinar las evaluaciones, los documentos o informes sobre riesgos de explosión ya existentes (p.ej. informe de seguridad conforme a la Directiva 96/82/CE<sup>2</sup>). Esto significa que un documento de protección contra explosiones puede remitir a otros documentos sin necesidad de incluirlos de forma explícita e íntegra en dicho documento.

Para aquellas empresas en las que existen varias instalaciones con zonas de riesgo puede resultar útil desglosar el documento de protección contra explosiones en una parte general y en otra específica a cada instalación. La parte general describiría la estructura de la documentación y de las medidas aplicables a todas las instalaciones. Entre tales medidas cabe incluir, por ejemplo, la instrucción de los trabajadores, etc. La parte específica a cada instalación enumeraría los riesgos y las medidas de protección correspondientes en cada caso.

Si las condiciones de explotación de una instalación cambian con frecuencia, por ejemplo debido al trabajo por lotes de productos de características diversas, la valoración y documentación deberán basarse, lógicamente, en el estado operativo más peligroso.

## 6.3 Estructura tipo de un documento de protección contra explosiones

### 6.3.1 Descripción del lugar de trabajo y de los sectores de actividad

El lugar de trabajo se subdivide en sectores de actividad. En el documento de protección contra explosiones se describen los sectores de actividad en los que existe peligro de *atmósfera explosiva*.

La descripción puede incluir, por ejemplo: nombre de la empresa, tipo de instalación, denominación del edificio o del local, responsables de la empresa y número de trabajadores.

Las particularidades constructivas y geográficas pueden documentarse visualmente, por ejemplo, mediante planos de situación y planos de instalaciones. Deben incluirse las salidas de emergencia y las vías de evacuación.

---

<sup>2</sup> Directiva 96/82/CE del Consejo, de 9 de diciembre de 1996, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, DO L 10 de 14.1.1997, p. 13.

### 6.3.2 Descripción de los procesos y/o actividades

Los procesos correspondientes deben describirse con un texto breve acompañado, en su caso, de un diagrama del proceso. Esta descripción debe incluir todos los datos importantes para la protección contra explosiones: descripción de los pasos de trabajo, incluidos el arranque y la parada, resumen de los datos de diseño y funcionamiento (p. ej. temperatura, presión, volumen, rendimiento, frecuencia de giro, carburante), en su caso, tipo y envergadura de los trabajos de limpieza y, si procede, datos sobre la ventilación del local.

### 6.3.3 Descripción de las sustancias utilizadas / parámetros de seguridad

Se trata de describir, en particular, qué sustancias provocan la formación de una *atmósfera explosiva* y en qué condiciones del procedimiento se produce ésta. En este lugar resulta útil incluir una lista de los *parámetros de seguridad* pertinentes para la protección contra explosiones.

### 6.3.4 Presentación de los resultados de la evaluación de riesgos

Debe describirse dónde puede aparecer una *atmósfera explosiva*. Puede establecerse una distinción entre el interior de partes de instalaciones y el entorno. Debe tenerse en cuenta no sólo el funcionamiento normal sino también la puesta en marcha/parada y la limpieza, así como las disfunciones. En su caso, también se incluirá el modo de proceder cuando haya cambios en los procedimientos o productos. Las *zonas de riesgo (zonas)* pueden presentarse tanto mediante texto como gráficamente mediante un plano de zonas (véase el apartado 3.2.1)

En este apartado se exponen también los riesgos de explosión (véase el capítulo 2). Aquí resulta útil describir el modo de proceder aplicado en la determinación de los riesgos de explosión.

### 6.3.5 Medidas de protección adoptadas para la protección contra explosiones

A partir de la evaluación de riesgos, en este apartado se presentarán las medidas que se imponen para la protección contra explosiones. Debe mencionarse explícitamente el principio de protección perseguido, por ejemplo "prevención de fuentes de ignición efectivas", etc. Puede resultar de interés una división en medidas técnicas y organizativas.

#### Medidas técnicas

- **Prevención**

Dado que el enfoque de la protección de la instalación se basa, total o parcialmente, en medidas preventivas para evitar una *atmósfera explosiva* o las fuentes de ignición, es necesaria una descripción detallada de la aplicación de estas medidas (véanse los apartados 3.1 y 3.2).

- **Construcción**

Dado que la instalación se protegerá mediante la construcción resistente a la explosión, debe describirse la naturaleza, el modo de funcionamiento y la ubicación de esta medida (véase el apartado 3.3).

- **Control de procesos**

Si los sistemas de control de procesos forman parte del enfoque de protección contra explosiones, debe describirse la naturaleza, el modo de funcionamiento y la ubicación de esta medida (véase el apartado 3.4).

## **Medidas organizativas**

Las medidas de protección organizativas también se describen en el documento de protección contra explosiones (véase el capítulo 4).

El documento debe reflejar:

**Qué instrucciones de servicio existen para un puesto de trabajo o una actividad**

**Cómo se asegura la cualificación de los trabajadores**

**Contenido y frecuencia de la formación (y quién ha participado)**

**En su caso, cómo se regula la utilización de equipos de trabajo móviles en las *áreas de riesgo***

**Cómo se asegura que los *trabajadores* sólo vistan ropa protectora adecuada**

**Si existe un sistema de permiso para trabajar y cómo está organizado**

**Cómo están organizados los trabajos de mantenimiento, control y comprobación**

**Cómo están señalizadas las *áreas de riesgo*.**

Si existen formularios correspondientes a estos puntos, se pueden incluir como modelo en el documento de protección contra explosiones. También debe adjuntarse al documento una lista de los equipos de trabajo móviles autorizados para funcionar en atmósferas explosivas. El nivel de detalle dependerá del tipo y de la envergadura de la operación, así como del grado de riesgo que ésta entraña.

### **6.3.6 Realización de las medidas de protección contra explosiones**

El documento de protección contra explosiones debe reflejar quién es la persona responsable o encargada de la aplicación de determinadas medidas (también para la elaboración o actualización del documento). También debe indicar en qué momento es preciso aplicar las medidas y cómo se controla su eficacia.

### **6.3.7 Coordinación de las medidas de protección contra explosiones**

Cuando en un mismo lugar de trabajo ejerzan su actividad empresarios de varias empresas, cada *empresario* será responsable de los ámbitos sometidos a su control. El *empresario* responsable del lugar de trabajo será quien coordine la realización de las medidas de protección contra explosiones, e incluirá en su documento de protección contra explosiones información más detallada sobre las medidas y las modalidades de realización de esta coordinación.

### **6.3.8 Anexo del documento de protección contra explosiones**

El anexo puede contener, por ejemplo, certificaciones de examen CE de tipo, declaraciones de conformidad "CE" de fabricantes, fichas de datos de seguridad, instrucciones de funcionamiento de aparatos, combustibles o equipos técnicos, o información análoga. También pueden incluirse aquí, por ejemplo, los planes de mantenimiento pertinentes a efectos de la protección contra explosiones.

## ANEXOS

### A.1 Glosario

Para la comprensión inequívoca de la guía, se relacionan a continuación los conceptos básicos de la protección contra explosiones. Para los términos basados en las definiciones legales de las directivas europeas y las normas armonizadas se indican las fuentes correspondientes. Las definiciones de los términos específicos adicionales proceden de la bibliografía existente en la materia.

#### **Aparatos**

Máquinas, materiales, dispositivos fijos o móviles, órganos de control e instrumentación, sistemas de detección y prevención que, solos o combinados, se destinan a la producción, transporte, almacenamiento, medición, regulación, conversión de energía y transformación de materiales y que, por las fuentes potenciales de ignición que los caracterizan, pueden desencadenar una explosión. [Directiva 94/9/CE]

#### **Área de descarga de la explosión**

Área geométrica de descarga de un dispositivo de descarga de la presión de explosión.

#### **Área de riesgo**

Área en la 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. [Directiva 1999/92/CE]

#### **Área que no presenta riesgo**

Área en la que no cabe esperar la formación de atmósferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales. [Directiva 1999/92/CE]

#### **Atmósfera explosiva**

Mezcla con el aire, en las condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, en la que, tras una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada. [Directiva 1999/92/CE]

Nótese que, a veces, una atmósfera explosiva según se define en la directiva puede ser incapaz de arder lo bastante rápido para producir una explosión según se define en la norma EN 1127-1.

#### **Atmósfera explosiva peligrosa**

Atmósfera explosiva presente en *cantidades peligrosas*.

#### **Cantidades peligrosas**

Atmósferas explosivas en cantidades tales que suponen un peligro para la salud y la seguridad de los trabajadores. [Directiva 1999/92/CE]

Por regla general, 10 litros de atmósfera explosiva constituidos en una masa coherente en un espacio cerrado ya deben considerarse cantidad peligrosa, independientemente del tamaño del local.

#### **Categoría**

Clasificación de los materiales en función del grado de protección necesario. [Directiva 94/9/CE]

#### **Categoría de aparatos**

Los aparatos y sistemas de seguridad pueden estar diseñados para una atmósfera explosiva determinada. En tal caso, debe marcarse la categoría de aparatos a que corresponden. [Directiva 94/9/CE]

|  |
|--|
| <b>Nota:</b> También existen aparatos diseñados para funcionar en atmósferas explosivas diversas como, por ejemplo, tanto mezclas polvo/ aire como mezclas gas/aire. |
|--|



**Clase de temperatura**

Los medios de trabajo se clasifican en clases de temperatura según su temperatura máxima de superficie. De manera análoga, se efectúa una clasificación de los gases según su temperatura de ignición.

**Clasificación de las áreas de riesgo**

Las áreas de riesgo se clasifican en zonas teniendo en cuenta la frecuencia con que se producen atmósferas explosivas y la duración de las mismas. [Directiva 1999/92/CE]

**Componentes**

Piezas que son esenciales para el funcionamiento seguro de los aparatos y sistemas de protección, pero que no tienen función autónoma. [Directiva 1994/9/CE]

**Concentración límite en oxígeno**

Concentración máxima de oxígeno en una mezcla de una sustancia inflamable con aire en la que no se produce una explosión, en condiciones de ensayo determinadas. [EN 1127-1]

**Condiciones atmosféricas**

Por regla general, se entiende por condiciones atmosféricas una temperatura ambiente entre  $-20^{\circ}\text{C}$  y  $60^{\circ}\text{C}$  y un intervalo de presiones de 0,8 bar a 1,1 bar. [Directrices ATEX, Directiva 94/9/CE]

**Descarga de la explosión**

Medida de protección que limita la presión de explosión mediante evacuación de las mezclas no quemadas y de los productos de combustión abriendo aberturas predeterminadas, para que un recipiente, lugar de trabajo o edificio no quede sometido a una sollicitación superior a su resistencia prevista a las explosiones.

**Dispositivo de descarga de la explosión**

Dispositivo que obtura una abertura de descarga durante el funcionamiento normal y la abre en caso de explosión.

**Empresario**

Cualquier persona física o jurídica que sea titular de la relación laboral con el trabajador y tenga la responsabilidad de la empresa y/o establecimiento. [Directiva 89/391/CEE]

**Equipo de trabajo**

Cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo. [Directiva 89/655/CEE]

**Explosión**

Reacción brusca de oxidación o de descomposición, que produce un incremento de temperatura, de presión o de las dos simultáneamente. [EN 1127-1]

**Fuente de ignición**

Una fuente de ignición transmite a una mezcla explosiva una cantidad determinada de energía capaz de propagar la ignición en dicha mezcla.

**Fuente de ignición efectiva**

A menudo la efectividad de las fuentes de ignición se subestima o no se reconoce. Su efectividad, esto es, su capacidad para encender una atmósfera explosiva, depende entre otras cosas de la energía de la fuente de ignición y de las propiedades de la atmósfera explosiva. En condiciones distintas de las atmosféricas, las propiedades que determinan la ignición pueden cambiar; así por ejemplo, la energía mínima de ignición de las mezclas con mayor contenido de oxígeno aumenta en potencias de diez.

**Grado de dispersión**

Medida del reparto (más fino) de una sustancia gaseosa o líquida (fase dispersa) en otra sustancia líquida o gaseosa (medio de dispersión) sin enlace molecular como aerosol, emulsión, coloide o suspensión.

### **Grupo de aparatos**

El grupo de aparatos I está formado por aquellos destinados a trabajos subterráneos en las minas y en las partes de sus instalaciones de superficie en las que puede haber peligro debido al grisú y/o al polvo combustible. El grupo de aparatos II está compuesto por aquellos destinados al uso en otros lugares en los que puede haber peligro de formación de atmósferas explosivas. [Directiva 94/9/CE]

**Nota:** La presente guía no se aplica a los aparatos del grupo I (véase apartado 1.2 "Ámbito de aplicación").

### **Grupo de explosión**

En función de su intersticio límite (la capacidad de penetración de una llama de explosión por un intersticio determinado se determina en un aparatos normalizado) y de su energía de encendido, los gases y vapores se subdividen en tres grupos: II A, II B, II C, siendo II C el grupo con el menor intersticio límite.

### **Límites de explosividad**

Cuando la concentración de la sustancia inflamable suficientemente dispersa en aire rebasa cierto valor mínimo (límite inferior de explosividad), es posible una explosión. La explosión ya no se produce cuando la concentración de gas o vapor ha superado cierto valor máximo (límite superior de explosividad).

Los límites de explosividad se modifican en condiciones distintas de las atmosféricas. El rango de concentración entre los límites de explosividad suele ampliarse, por ejemplo, con el aumento de presión y el aumento de temperatura de la mezcla. Sólo puede formarse una atmósfera explosiva sobre un líquido inflamable si la temperatura de la superficie del líquido rebasa cierto valor mínimo.

### **Límite inferior de explosividad**

Límite inferior del rango de concentración de una sustancia inflamable en aire en el que puede producirse una explosión. [EN 1127-1]

### **Límite superior de explosividad**

Límite superior del rango de concentración de una sustancia inflamable en aire en el que puede producirse una explosión. [definición basada en la norma EN 1127-1]

### **Mezcla explosiva**

Mezcla de un material combustible finamente dispersado en la fase gaseosa con un oxidante gaseoso en la que, tras su ignición, puede propagarse una *explosión*. Si el oxidante es aire en condiciones atmosféricas, se habla de *atmósfera explosiva*.

### **Mezcla híbrida**

Mezcla de sustancias inflamables con aire en diferentes estados físicos, por ejemplo de metano y de polvos de carbón con aire. [EN 1127-1]

### **"Q-Rohr"**

El tubo llamado "Q-Rohr" puede incorporarse a la salida de los dispositivos de descarga de explosiones. Una malla especial interrumpe la llama de explosión, que no se expande fuera del "Q-Rohr".

### **Presión (máxima) de explosión**

Máxima presión obtenida en un recipiente cerrado durante la explosión de una atmósfera explosiva, en condiciones de ensayo determinadas. [EN 1127-1]

### **Punto de combustión**

Temperatura por encima de la cual debe contarse con la presencia de una mezcla explosiva debido a la formación de gases de combustión. [VDI 2263]

**Punto de ignición**

Temperatura mínima a la que, en condiciones de ensayo específicas, un líquido emite suficiente gas o vapor combustible para inflamarse momentáneamente en presencia de una fuente de ignición efectiva. [EN 1127-1]

**Resistencia a la presión de explosión**

Propiedad de los recipientes y aparatos diseñados para resistir la presión de explosión esperada sin deformación permanente. [EN 1127-1]

**Resistencia al choque de la presión de explosión**

Propiedad de los recipientes y aparatos diseñados para resistir la presión esperada, sin rotura, pero permitiendo una deformación permanente. [EN 1127-1]

**Sistemas de protección**

Dispositivos, distintos de los componentes de los aparatos definidos anteriormente, cuya función es la de detener inmediatamente las explosiones incipientes y/o limitar la zona afectada por una explosión, y que se ponen en el mercado por separado como sistemas con funciones autónomas. [Directiva 94/9/CE]

|   |
|---|
| <b>Nota:</b> Por "sistemas de protección" se entienden también los sistemas de protección integrados puestos en circulación conjuntamente con un aparato. |
|---|

**Substancias capaces de formar atmósferas explosivas**

Las sustancias inflamables se consideran sustancias capaces de formar atmósferas explosivas a no ser que el análisis de sus propiedades demuestre que, mezcladas con el aire, no son capaces por sí solas de propagar una explosión. [Directiva 1999/92/CE]

**Tamaño de partícula**

Diámetro nominal de una partícula de polvo.

**Técnicamente estanco**

Las partes de instalación son técnicamente estancas cuando no se detectan fugas en la vigilancia o control de la estanqueidad apropiada para el uso previsto (p.ej. con productos espumantes o aparatos de detección de fugas), pero no pueda excluirse del todo fugas pequeñas y raras de sustancias inflamables.

**Temperatura de ignición**

Temperatura más baja de una superficie caliente, obtenida en condiciones de ensayo determinadas, a la que se puede producir la ignición de una sustancia combustible en forma de mezcla de gas, vapor o polvo con aire. [EN 1127-1]

**Temperatura máxima admisible de superficie**

Temperatura máxima admisible de una superficie (p.ej. de un material de trabajo) obtenida tras deducir de la temperatura de encendido o de combustión cierto valor de temperatura previamente fijado.

**Tipo de protección contra ignición**

Medidas particulares adoptadas en equipos de trabajo para evitar la ignición de una atmósfera explosiva ambiental. [definición basada en la norma EN 50014]

**Trabajador**

Cualquier persona empleada por un empresario, incluidos los trabajadores en prácticas y los aprendices, con exclusión de los trabajadores al servicio del hogar familiar. [Directiva 89/391/CEE]

**Uso conforme con su destino**

Uso de aparatos, sistemas de protección y dispositivos de los contemplados en el apartado 2 del artículo 1 conforme con los grupos y categorías de aparatos, siguiendo todas las indicaciones proporcionadas por el fabricante y necesarias para garantizar el funcionamiento seguro de los aparatos. [Directiva 94/9/CE]

**Zona**

Véase "Clasificación de las áreas de riesgo".

## **A.2 Disposiciones y fuentes de información complementarias sobre protección contra explosiones**

El anexo A.2 contiene las directivas y directrices europeas y las normas europeas armonizadas en la lengua correspondiente a la respectiva versión lingüística de la guía. Las disposiciones nacionales para la transposición de la Directiva 1999/92/CE figuran en su lengua de publicación en la medida en que se conocen sus títulos en el momento de redacción de la guía.

El anexo ofrece espacio adicional para que los servicios nacionales competentes puedan incluir disposiciones nacionales adicionales, documentación complementaria e información sobre los servicios de asesoramiento nacionales.

### **A.2.1 Directivas y directrices europeas<sup>1</sup>**

- |                   |   |
|-------------------|---|
| <b>89/391/CEE</b> | Directiva 89/391/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo (DO L 183 de 29.6.1989, p. 1)   |
| <b>89/655/CEE</b> | Directiva 89/655/CEE del Consejo, de 30 de noviembre de 1989, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de los equipos de trabajo (segunda directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) (DO L 393 de 30.12.1989, p. 13)   |
| <b>90/396/CEE</b> | Directiva 90/396/CEE del Consejo, de 29 de junio de 1990, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre los aparatos de gas (DO L 196 de 26.7.1990, p. 15)  |
| <b>92/58/CEE</b>  | Directiva 92/58/CEE del Consejo, de 24 de junio de 1992, relativa a las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo (novena directiva específica con arreglo a lo dispuesto en el apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) (DO L 245 de 26.8.1992, p. 23)  |
| <b>92/91/CEE</b>  | Directiva 92/91/CEE del Consejo, de 3 de noviembre de 1992, relativa a las disposiciones mínimas destinadas a mejorar la protección en materia de seguridad y de salud de los trabajadores de las industrias extractivas por sondeos (undécima directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) (DO L 348 de 28.11.1992, p. 9)                      |
| <b>92/104/CEE</b> | Directiva 92/104/CEE del Consejo, de 3 de diciembre de 1992, relativa a las disposiciones mínimas destinadas a mejorar la protección en materia de seguridad y de salud de los trabajadores de las industria extractivas a cielo abierto o subterráneas (duodécima directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) (DO L 404 de 31.12.1992, p. 10) |
| <b>94/9/CE</b>    | Directiva 94/9/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de marzo de 1994, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas (DO L 100 de 19.4.1994, p. 1), rectificada por última vez el 5 de diciembre de 2000 (DO L 304 de 5.2.2000, p. 42)                        |
| <b>96/82/CE</b>   | Directiva 96/82/CE del Consejo, de 9 de diciembre de 1996, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (DOL 10 de 14.1.1997, p. 13)  |

---

<sup>1</sup> Los textos íntegros de las directivas citadas pueden descargarse gratuitamente por internet a través del portal del Derecho de la Unión Europea (EUR-LEX) en el sitio [http://europa.eu.int/eur-lex/de/search/search\\_lif.html](http://europa.eu.int/eur-lex/de/search/search_lif.html).

- 1999/92/CE** Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 1999, relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas (decimoquinta directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE del Consejo) (DO L 23 de 28.01.2000, p. 57), rectificada por última vez el 7 de junio de 2000 (DO L 134 de 7.6.2000, p. 36)
- 2001/45/CE** Directiva 2001/45/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001, por la que se modifica la Directiva 89/655/CEE del Consejo relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de los equipos de trabajo (segunda directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) (DO L 195 de 19.7.2001, p. 46)
- Directrices ATEX** Directrices para la aplicación de la Directiva 94/9/CE del Consejo, de 23 de marzo de 1994, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas, mayo de 2000 (publicadas por la Comisión Europea en 2001)
- 67/548/CEE** Directiva 67/548/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1967, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de las sustancias peligrosas (DO L 196 de 16.8.1967, p. 1), modificada por última vez el 6 de agosto de 2001 (DO L 225 de 21.8.2001, p. 1)

## A.2.2 Disposiciones nacionales de los Estados miembros europeos para la transposición de la Directiva 1999/92/CE (*texto en cursiva a completar por la Comisión*)

### Bélgica

**Denominación** *Título completo (título abreviado), fecha de publicación, fuente*

### Dinamarca

**Denominación** *Título completo (título abreviado), fecha de publicación, fuente*

### Alemania

**BetrSichV** Verordnung zur Rechtsvereinfachung im Bereich der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, der Sicherheit beim Betrieb überwachungs-bedürftiger Anlagen und der Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebs-sicherheitsverordnung - BetrSichV), 27 de septiembre de 2002 (BGBl. 2002 Teil I S. 3777)

### Grecia

**Denominación** *Título completo (título abreviado), fecha de publicación, fuente*

### España

**Denominación** *Título completo (título abreviado), fecha de publicación, fuente*

### Francia

**Denominación** *Título completo (título abreviado), fecha de publicación, fuente*

### Irlanda

**Denominación** *Título completo (título abreviado), fecha de publicación, fuente*

## Italia

**Denominación** *Título completo (título abreviado), fecha de publicación, fuente*

## Luxemburgo

**Denominación** *Título completo (título abreviado), fecha de publicación, fuente*

## Países Bajos

**Denominación** *Título completo (título abreviado), fecha de publicación, fuente*

## Austria

**Denominación** *Título completo (título abreviado), fecha de publicación, fuente*

## Portugal

**Denominación** *Título completo (título abreviado), fecha de publicación, fuente*

## Finlandia

**Denominación** *Título completo (título abreviado), fecha de publicación, fuente*

### **A.2.3 Selección de normas europeas**

Para obtener una lista actualizada véase el sitio del Comité Europeo de Normalización CEN: [http://www.cenorm.be/standardization/tech\\_bodies/cen\\_bp/workpro/tc305.htm](http://www.cenorm.be/standardization/tech_bodies/cen_bp/workpro/tc305.htm)

|              |  |
|--------------|--|
| EN 50 281-3  | Clasificación de áreas donde pueden estar presentes o no polvos combustibles.  |
| EN 1127-1    | Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: Conceptos básicos y metodología. Versión EN 1127-1:1997   |
| EN 13463-1   | Material no eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Parte 1: Conceptos básicos y requisitos. Versión EN 13463-1:2001  |
| EN 12874     | Apagallamas. Requisitos de funcionamiento, métodos de ensayo y límites de utilización. Versión EN 12874: 2001  |
| EN 60079-10  | Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 10: clasificación de emplazamientos peligrosos. Versión 60079 – 10: 1996   |
| prEN 1839    | Determinación de los límites de explosividad de los gases, los vapores y sus mezclas   |
| prEN 13237-1 | Atmósferas potencialmente explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: Términos y definiciones para equipos y sistemas de protección destinados a la utilización en atmósferas potencialmente explosivas. Versión prEN 13237-1:1998 |
| prEN 13463-2 | Equipo no eléctrico destinado a su uso en atmósferas potencialmente explosivas. Parte 2: Protección mediante recinto cerrado de flujo "fr". Versión prEN13463-2:2000   |
| prEN 13463-5 | Material no eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Parte 5: Protección mediante seguridad en la construcción. Versión prEN 13463-5:2000  |
| prEN 13463-8 | Material no eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Parte 8: Protección por inmersión en líquido "k". Versión prEN 13463-8:2001   |
| prEN 13673-1 | Determinación de la presión máxima de explosión y de la tasa máxima de aumento de presión de gases y vapores. Parte 1: Determinación de la presión máxima de explosión. Versión EN 13673-1:1999  |
| prEN 13673-2 | Determinación de la presión máxima de explosión y de la tasa máxima de aumento de presión de gases y vapores. Parte 1: Determinación de la presión máxima de aumento de presión de gases y vapores   |

|              |   |
|--------------|---|
| prEN 13821   | Atmósferas potencialmente explosivas. Determinación de la energía mínima de ignición de mezclas polvo/aire. Versión prEN 13821:2000   |
| prEN 13980   | Atmósferas potencialmente explosivas. Aplicación de sistemas de gestión de calidad. Versión prEN 13980:2000   |
| prEN 14034-1 | Determinación de las características de explosión de las nubes de polvo. Parte 1: Determinación de la presión máxima de explosión. Versión prEN 14034-1:2002                          |
| prEN 14034-4 | Determinación de las características de explosión de las nubes de polvo. Parte 4: Determinación de la concentración límite de oxígeno de las nubes de polvo. Versión prEN14034-4:2001 |
| prEN 14373   | Sistemas de supresión de explosiones  |
| prEN 14460   | Material resistente a las explosiones   |
| prEN 14491   | Sistemas de protección por ventilación de polvos de explosión   |
| prEN 14522   | Determinación de la temperatura mínima de ignición de gases y vapores   |

#### A.2.4 Disposiciones nacionales y documentación complementaria (a completar por los servicios nacionales)

##### Disposiciones nacionales

**Denominación**                      *Título completo (título abreviado), fecha de publicación, fuente*

##### Bibliografía

*Título, autor, fecha de publicación, fuente*

...

#### A.2.5 Servicios nacionales de asesoramiento (a completar por los servicios nacionales)

|  |                         |
|--|-------------------------|
| <b>Nombre del organismo</b>            | Tel.: ...               |
| <i>En su caso, persona de contacto</i> | Fax: ...                |
| <i>Dirección/apartado de correos</i>   | Correo electrónico: ... |
| <i>Código postal, localidad</i>        |                         |
| ...                                    | ...                     |

#### A.3 Formularios tipo y listas de comprobación

Los formularios tipo y las listas de comprobación sirven para facilitar la aplicación práctica de los contenidos de la guía, pero no pretenden ser exhaustivos.

- A.3.1 Lista de comprobación »Protección contra explosiones en el interior de aparatos«
- A.3.2 Lista de comprobación »Protección contra explosiones en el entorno de aparatos«
- A.3.3 Modelo »Permiso para efectuar trabajos con fuentes de ignición en ámbitos con atmósfera explosiva«
- A.3.4 Lista de comprobación »Medidas de coordinación para la protección contra explosiones en el trabajo«
- A.3.5 Lista de comprobación »Tareas del coordinador para la protección contra explosiones en el trabajo«
- A.3.6 Lista de comprobación »Exhaustividad del documento de protección contra explosiones«



### A.3.1 Lista de comprobación »Protección contra explosiones en el interior de aparatos«

|   |                          |                          |  |
|---|--------------------------|--------------------------|--|
| <b>Lista de comprobación "evaluación de la protección contra explosiones I"</b><br><b>- Punto de enfoque »interior de aparatos« -</b>   |                          | <i>Autor</i>             |  |
|   |                          | <i>Fecha</i>             |  |
| <i>Objetivo</i>   |                          |                          |  |
| <p>Evaluación de la protección contra explosiones <b>en el interior</b> de instalaciones y aparatos para valorar el plan existente de protección contra explosiones por medio de preguntas específicas y, en caso necesario, adoptar medidas adicionales.</p> <p>Las preguntas sin respuesta pueden aclararse con ayuda de los apartados de la guía indicados, consultando al organismo local de seguridad en el trabajo o estudiando la bibliografía actual.</p>   |                          |                          |  |
| <i>Aparato/instalación</i>  |                          |                          |  |
| <b>Punto de comprobación</b>  | <b>Sí</b>                | <b>No</b>                | <b>Medidas adoptadas/observaciones</b> |
| ¿Se previene al máximo posible la presencia de sustancias inflamables [ap. 2.2.1]?  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
| ¿Se previene al máximo la formación de mezclas explosivas de las sustancias inflamables presentes [ap. 2.2.2/2.2.3]?  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
| ¿Se excluye al máximo la aparición de atmósferas explosivas en cantidades peligrosas [ap. 2.2.4]?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
| ¿Es posible impedir o limitar la formación de mezclas explosivas en el interior [ap. 3.1]?<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Pueden las condiciones de procedimiento asegurar el mantenimiento de concentraciones inocuas [ap. 3.1.2]?</li> <li>• ¿Se mantiene la concentración de manera duradera y fiable por debajo del límite de explosividad inferior y por encima del límite de explosividad superior [ap. 3.1.2]?</li> <li>• ¿Se obvia el rango de explosividad durante la puesta en marcha y parada de la instalación [ap. 3.1.2]?</li> <li>• Las mezclas por encima del límite de explosividad superior que escapan durante el funcionamiento ¿pueden formar atmósferas explosivas fuera del aparato? ¿Se hace algo para impedirlo? [ap. 3.1.4]?</li> </ul> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
|   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
|   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
|   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |



## Lista de comprobación "valoración de la protección contra explosiones I"

- Punto de enfoque »interior de aparatos« -

| Punto de comprobación   | Sí   | No   | Medidas adoptadas/observaciones |
|---|--|--|---------------------------------|
| <p>¿Se recurre a medidas para evitar la ignición de una atmósfera explosiva peligrosa [ap. 3.2/3.2.2]?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Son conocidas y están divididas las zonas [ap. 3.2.1]?</li> <li>• ¿Cabe esperar fuentes de ignición activas de las 13 fuentes de ignición conocidas con arreglo a la división en zonas [ap. 3.2.3]?</li> </ul>   | <input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/>   |                                 |
| <p>¿Puede encenderse en el interior de la instalación o del aparato una atmósfera explosiva peligrosa a pesar de todas las medidas antes citadas [ap. 2.2.6]?</p>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   |                                 |
| <p>¿Se limitan los efectos de una explosión hasta un grado inocuo mediante medidas de construcción dimensionadas según los conocimientos técnicos más recientes, sin crear riesgo para el entorno (p.ej. por descarga de la presión) [ap. 3.3]?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción resistente a las explosiones [ap. 3.3.1]</li> <li>• Descarga de la explosión [ap. 3.3.2]</li> <li>• Supresión de la explosión [ap. 3.3.3]</li> <li>• Prevención de la transmisión de llamas y de la explosión hacia partes de instalación anteriores y posteriores [ap. 3.3.4] <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dispositivos antipenetración de llamas para gases, vapores, nieblas?</li> <li>- Dispositivos de desconexión para polvos</li> <li>- Dispositivos de desconexión para mezclas híbridas</li> </ul> </li> </ul> | <input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/> |                                 |



**Lista de comprobación "valoración de la protección contra explosiones II"**

- Punto de enfoque »entorno de aparatos« -

| Punto de comprobación  | Sí   | No   | Medidas adoptadas/observaciones |
|--|--|--|---------------------------------|
| <p>¿Se adoptan todas las medidas necesarias para evitar la ignición de una atmósfera explosiva peligrosa [ap. 3.2/ 3.2.2]?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Son conocidas y están divididas las zonas [ap. 3.2.1]?</li> <li>• ¿Cabe esperar fuentes de ignición activas de las 13 fuentes de ignición conocidas con arreglo a la división en zonas [ap. 3.2.3]?</li> </ul>            | <input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/>   |                                 |
| <p>¿Con qué medidas de construcción se limitan los efectos de una explosión hasta un grado inocuo, p.ej.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Confinamiento de autoclaves de alta presión mediante muro?</li> </ul>   | <input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/>   |                                 |
| <p>¿Se adoptan medidas organizativas para asegurar la eficacia de las medidas técnicas [ap. 4]?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Existen instrucciones de servicio?</li> <li>• ¿Se emplea a trabajadores cualificados?</li> <li>• ¿Se forma a los trabajadores?</li> <li>• ¿Existe un sistema de permiso para trabajar?</li> <li>• ¿Están señalizadas las zonas de riesgo?</li> </ul> | <input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/> |                                 |
| <p>¿Se han previsto medidas de protección en caso de trabajos de reparación [ap. 4.5]?</p>   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   |                                 |



### A.3.4 Lista de comprobación »Medidas de coordinación para la protección contra explosiones en el trabajo«

|  |  |  |
|--|--|--|
| <b>Lista de comprobación "medidas de coordinación"</b><br><b>- Punto de enfoque »protección contra explosiones en la empresa« -</b>  | <i>Autor</i>   |  |
|  | <i>Fecha</i>   |  |
| <i>Objetivo</i><br>Esta lista de comprobación puede resultar útil cuando se quiere comprobar si, al efecto de una colaboración segura entre empresario y empresa exterior, se realizan las medidas de protección convenidas, las personas participantes están suficientemente formadas y se comportan con arreglo a las medidas de seguridad convenidas.   |  |  |
| <i>Tarea</i>   |  |  |
| <b>Punto de comprobación</b>   | <b>Sí</b>  | <b>No</b>  |
| ¿Se controla el cumplimiento de las normas legales o de la empresa para la aplicación de la Directiva 1999/92/CE?<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Se ha encomendado a alguien (coordinador) la coordinación de la colaboración [ap. 5.1]?</li> <li>• ¿Está suficientemente cualificada la persona encargada [ap. 5.1]?</li> <li>• ¿Es conocido el coordinador sobre el terreno?</li> <li>• ¿Se informa al empresario del recurso a subcontratistas?</li> </ul>                      | <input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/> |
| ¿Se controla el desarrollo del trabajo en cuanto a los posibles riesgos mutuos [ap. 5.2]?<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Se excluye la formación de una atmósfera explosiva peligrosa en los ámbitos donde son posibles las fuentes de ignición?</li> <li>• ¿Se previene la utilización o generación de fuentes de ignición en ámbitos con atmósfera explosiva peligrosa?</li> <li>• ¿Se previene la aparición de disfunciones en empresas vecinas con zonas de riesgo?</li> </ul> | <input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/>                                 | <input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/>                                 |
| ¿Está fijado el desarrollo de las etapas de trabajo [véase la lista de comprobación del anexo A.3.5]?  | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   |
| ¿Se adaptan de manera adecuada las medidas de protección convenidas en función del avance del trabajo o de las deficiencias reconocidas?<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Se produce una información continua?</li> <li>• ¿Se produce una sintonización continua?</li> <li>• ¿Se produce una instrucción continua?</li> <li>• ¿Se produce una cercioración continua?</li> </ul>  | <input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/>                                 | <input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/><br><br><input type="checkbox"/>                                 |

### A.3.5 Lista de comprobación »Tareas del coordinador para la protección contra explosiones en el trabajo«

| <b>Lista de comprobación "tareas de coordinación"</b><br><b>- Punto de enfoque »protección contra explosiones en la empresa« -</b>  | <i>Autor</i>   |  |
|---|--|--|
|   | <i>Fecha</i>   |  |
| <p><i>Objetivo</i></p> <p>Determinación de las responsabilidades de la persona encargada de la coordinación (preferiblemente un coordinador designado por el empresario), para que los trabajos de los grupos de trabajo y empresas exteriores estén sintonizadas de tal manera que la posible generación de riesgos mutuos se pueda reconocer a tiempo y evitar, y para que se pueda intervenir rápidamente en caso de disfunciones.</p>   |  |  |
| <p><i>Misión</i></p>  |  |  |
| <b>Punto de comprobación</b>  | <b>Sí</b>  | <b>No</b>  |
| ¿Se realiza una visita del lugar de trabajo?  | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   |
| ¿Se elabora un plan cronológico de las etapas de trabajo? <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Se indica el lugar y momento de cada trabajo?</li> <li>• ¿Se cita por nombre a las personas participantes, incluidos los superiores jerárquicos?</li> <li>• ¿Está fijado el desarrollo cronológico?</li> <li>• ¿Están fijadas las condiciones particulares para la ejecución de los trabajos?</li> <li>• ¿Se presentan las medidas específicas de protección contra explosiones?</li> <li>• ¿Se han determinado y señalado las zonas de riesgo, en particular también las que entrañan riesgo de explosión?</li> <li>• ¿Se han previsto medidas para caso de disfunción?</li> </ul> | <input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/> |
| ¿Se organizan reuniones de coordinación entre las personas participantes?   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   |
| ¿Se controla el cumplimiento del plan de etapas de trabajo?   | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   |
| ¿Se reorganizan las etapas de trabajo en caso de disfunciones?  | <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>   |



### A.3.6 Lista de comprobación »Integridad del documento de protección contra explosiones«

|   |   |                            |  |
|---|---|----------------------------|--|
| <b>Lista de comprobación "documento de protección contra explosiones"</b>   |   | <i>Autor</i>               |  |
| <b>- Comprobación de la exhaustividad -</b>   |   | <i>Fecha</i>               |  |
| <i>Objetivo</i>   |   |                            |  |
| Examen del documento de protección de explosiones para determinar si está completo, con indicación de los puntos donde se encuentra la información pertinente.<br>Las preguntas sin respuesta pueden aclararse con ayuda de los apartados indicados en la guía, consultando a las organizaciones locales de seguridad en el trabajo o estudiando la bibliografía actualizada. |   |                            |  |
| <i>Documento de protección contra explosiones (título, lugar)</i>   |   |                            |  |
| <b>Punto de comprobación</b>  | <b>Localización de la información</b>             |                            |  |
|   | <b>Documento de protección contra explosiones</b> | <b>En otros documentos</b> | <b>Pendiente de elaboración</b>  |
| ¿Existe una descripción de los lugares y puestos de trabajo [ap. 6.3.1]?<br><ul style="list-style-type: none"><li>• Descripción textual</li><li>• Plano de situación</li><li>• Plano de distribución</li><li>• Plano de las vías de huida y emergencia</li></ul>  |   |                            | <input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/> |
| Descripción de las etapas de procedimiento/actividades [ap. 6.3.2]<br><ul style="list-style-type: none"><li>• Descripción textual</li><li>• Diagrama de procedimiento (si procede)</li><li>• Diagrama de flujos e instrumentos (si procede)</li><li>• Plano de ventilación (si procede)</li></ul>   |   |                            | <input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/> |
| Descripción de las sustancias utilizadas [ap. 6.3.3]?<br><ul style="list-style-type: none"><li>• Descripción textual</li><li>• Fichas de datos de seguridad</li><li>• Parámetros de seguridad</li></ul>   |   |                            | <input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/>                             |



**Lista de comprobación del documento de protección contra explosiones**

- Comprobación de la exhaustividad -

| Punto de comprobación  | Localización de la información             |                  |  |
|--|--|------------------|--|
|  | Documento de protección contra explosiones | Otros documentos | Pendiente de elaboración   |
| Descripción de las medidas de protección organizativas [ap. 6.3.6]? <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instrucciones de servicio por escrito</li> <li>• Instrucciones de uso de los equipos de trabajo</li> <li>• Descripción de los equipos de protección personal</li> <li>• Acreditaciones de cualificación</li> <li>• Documentación de las formaciones</li> <li>• Descripción del sistema de permiso de trabajo</li> <li>• Descripción de los intervalos de mantenimiento, verificación y vigilancia</li> <li>• Documentación de la señalización de las áreas con riesgo de explosión</li> <li>• Control de la eficacia</li> </ul> |  |                  | <input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/> |
| Documentación de las personas responsables y habilitadas [ap. 6.3.7]   |  |                  | <input type="checkbox"/>   |
| Documentación de las medidas y modalidades de coordinación [ap. 6.3.8]   |  |                  | <input type="checkbox"/>   |
| Índice del anexo [ap. 6.3.9]: <ul style="list-style-type: none"> <li>• .....</li> <li>• .....</li> <li>• .....</li> </ul> <p align="center">.....</p>  |  |                  | <input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/><br><input type="checkbox"/>   |

#### **A.4 Inserción por la Comisión del texto de la Directiva en la lengua respectiva de cada país**

Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 1999, relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas.