

Guía para la valoración de riesgos en pequeñas y medianas empresas

7

Riesgos por explosiones

Detección y valoración de riesgos; determinación de medidas



issa

ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE LA SEGURIDAD SOCIAL | AISS

Comité para la *Prevención en la Industria Metalúrgica*
Comité para la *Electricidad*
Comité para la *Seguridad de Máquinas y Sistemas*

Guía para la valoración de riesgos en pequeñas y medianas empresas

7

Riesgos por explosiones

**Detección y valoración
de riesgos;
determinación de medidas**



issa

ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE LA SEGURIDAD SOCIAL | **AISS**

Comité para la Prevención en la Industria Metalúrgica

Comité para la Electricidad

Comité para la Seguridad de Máquinas y Sistemas

Impreso

Autores: Stephanos Achillides,
Inspección Nacional de Trabajo, Chipre
Dipl.-Ing. Daniela Gezelovská,
Inspección Nacional de Trabajo, Košice, República Eslovaca
Dipl.-Ing. Jürgen Gehre,
AISS Comité Metal
En colaboración con:
Dr. Martin Gschwind, Ake Harmanny,
Ing. Klaus Kopia, Dr. Berthold Dyrba,
AISS Seguridad de Máquinas y Sistemas, SUVA Suiza

Producción general: Verlag Technik & Information e.K.,
Wohlfahrtstrasse 153, 44799 Bochum, Alemania
Tel. +49(0)234-94349-0, Fax +49(0)234-94349-21

Impreso en Alemania, Mayo 2010

ISBN 978-3-941441-60-6

Preámbulo

Este folleto apoya a los empresarios en pequeñas y medianas empresas (PIME) en el reconocimiento de los peligros por explosiones en el lugar de trabajo. Es una ayuda en la evaluación de los riesgos relacionados con las explosiones y contiene recomendaciones para la toma de medidas preventivas de protección.

El folleto no incluye otros tipos de explosiones, como reacciones incontroladas, detonaciones de sustancias altamente explosivas o estallidos de calderas de presión.

El folleto está estructurado como sigue:

- 1. Bases**
- 2. Listas de chequeo para la detección de riesgos**
- 3. Evaluación de riesgos**
- 4. Disminución de los riesgos, toma de medidas**
- 5. Documento de protección contra explosiones**

Junto al presente folleto están planeados (existen) además folletos sobre los siguientes temas:

- **Riesgos causados por máquinas y otros medios de trabajo**
- **Riesgos eléctricos**
- **Sustancias peligrosas**
- **Riesgos por vibración de todo el cuerpo y vibración localizada mano-brazo**
- **Presiones físicas (p. ej. trabajos pesados y monótonos)**
- **Caída y caída de altura de personas**
- **Ruido**
- **Presiones psíquicas**

1. Bases

1.1 | ¿Qué es una explosión?

Una explosión es una reacción súbita de oxidación o descomposición con elevación de la temperatura, de la presión o de ambas simultáneamente (EN 1127-1). Una explosión de gas o de polvo se puede describir como consecuencia de la rápida combustión de gas o de polvo en una mezcla con aire. Algunos

de los efectos de una explosión son fuerte estruendo e impactos de presión que pueden provocar el derrumbe de paredes y la rotura de ventanas. Otros efectos muy peligrosos de la súbita e intensa expansión de gases son radiación de calor, gases de humo y frentes de llamas.

1.2 | ¿Cómo se produce una explosión?

Para que se produzca una explosión tienen que estar presente una sustancia inflamable (gas, p. ej. hidrógeno; vapores, p. ej. de líquidos inflamables o polvo, p. ej. harina), un medio de oxidación (p. ej. el oxígeno del aire) y una fuente apropiada de ignición (p. ej. una superficie caliente o una chispa eléctrica).

ca). Cuando se ha producido la mezcla del combustible y el medio de oxidación y la concentración del combustible se encuentra dentro de los límites de explosividad entonces la mezcla resultante puede ser encendida por una fuente de ignición que sea suficientemente fuerte.

1.3 | Elementos de una explosión

Una atmósfera potencialmente explosiva puede formarse como una mezcla de aire y gases, vapores, nieblas o polvos inflamables bajo condiciones atmosféricas. Si la concentración de las sustancias está dentro de los límites inferiores y superiores de explosividad el proceso de combustión puede propagarse, después de ocurrir el encendido, a la totalidad de la mezcla aún no quemada.

Límite inferior de explosividad (LIE) – es la concentración mínima de una mezcla de gases, vapores o nieblas inflamables con aire donde justamente una llama

no se puede propagar independientemente de la fuente de ignición después del encendido.

Límite superior de explosividad (LSE) – es el valor límite superior de una mezcla de gases, vapores o nieblas inflamables con aire donde justamente una llama no se puede propagar independientemente de la fuente de ignición después del encendido.

Una explosión queda descartada si la concentración está por debajo del límite inferior de explosividad. Si la concentración está por encima del límite superior

de explosividad la mezcla está demasiado saturada y no existe la cantidad suficiente de oxígeno para que se produzca una explosión.

Los límites de explosividad también están influenciados por la temperatura y la presión. Una mayor temperatura conduce a un LIE más bajo y a un LSE más alto mientras que una mayor presión provoca el aumento de ambos valores.

En la siguiente tabla se muestran algunos ejemplos de límites de explosividad:

| Sustancia combustible | Límite inferior de explosividad | Límite superior de explosividad |
|-----------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Gas naturales | 5 Vol.-% | 13 Vol.-% |
| Propano | 1,5 Vol.-% | 9,5 Vol.-% |
| Acetileno | 2,5 Vol.-% | 81 Vol.-% |
| Azúcar | 30 g/m ³ | - |
| Harina | 30 g/m ³ | - |

Por regla general los límites de explosividad están contenidos en las fichas de datos de seguridad del productor o del importador del producto o de la sustancia combustible.

En la práctica los LSE para polvos son muy poco conocidos ya que ellos no son idóneos a causa de la dificultad de controlar las mezclas potencialmente explosivas mediante la limitación de la concentración. Informaciones sobre los LIE de muchos polvos se pueden encontrar p.ej. en la página web GESTIS. Se debe tener en cuenta que las acumulaciones de polvo pueden producir una nube de polvo, p.ej. mediante un movimiento súbito del aire cuando se abre una puerta o una ventana, mediante una explosión más pequeña o mediante depósitos de polvo que caen de un trazado de cables.

Es importante saber que una capa de polvo de menos de 1 mm de espesor ya es capaz de producir una atmósfera potencialmente explosiva. A pesar de que la explosión sólo dura un pestañazo en ese mismo espacio de tiempo tienen lugar varias fases: La propia onda de presión de la explosión; las astillas que vuelan del recipiente que explota y (en dependencia de la onda de presión) el derrumbe de paredes, techos, puertas, ventanas y entrepisos. Además pueden producirse incendios y destrucciones a causa del calor provocado. Por otra parte la onda de presión puede causar graves daños en tuberías de gas, agua, electricidad y desagüe. Los efectos de una explosión son graves en lo que se refiere a daños de personas y daños materiales.

Los productos perjudiciales de las reacciones químicas que se producen durante la explosión son también muy peligrosos y el total consumo del oxígeno del aire de los alrededores, necesario para respirar, puede conducir al peligro de asfixia de los trabajadores.

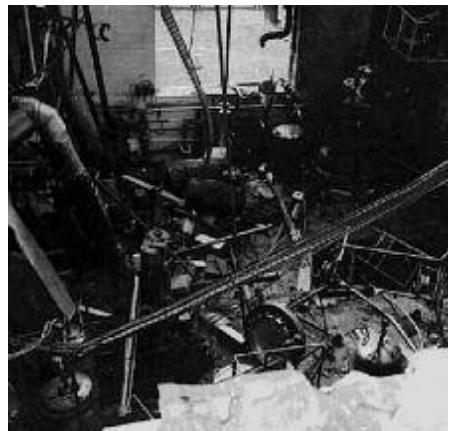


Figura 1: Resultado de una explosión

1.4 | ¿Qué puede provocar una explosión?

Hay una gran cantidad de fuentes diferentes de ignición que pueden encender potencialmente una mezcla de sustancia inflamable y aire. Fuentes típicas de ignición son superficies calientes, llamas y gases calientes, chispas producidas mecánicamente (al lijar o cortar), chispas eléctricas y electricidad estática. Otras fuentes de ignición son relámpagos, campos electromagnéticos y reacciones químicas.

En la Norma Europea EN 1127-1 se representan distintos tipos de fuentes de ignición.

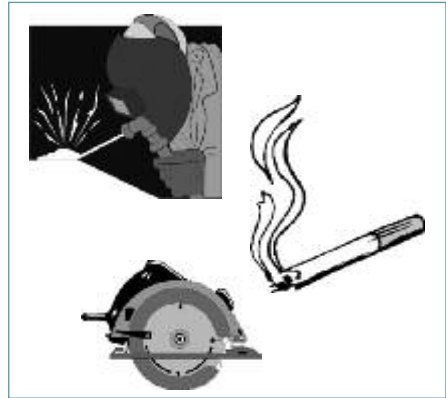


Figura 2: Fuentes de ignición

1.5 | Directivas ATEX

La Directiva Europea 1999/92/CE, también llamada „ATEX-137“ o „Directiva ATEX para usuarios“, es la base jurídica para las medidas necesarias que tienen que ser adoptadas en los lugares de trabajo en zonas donde haya peligro de explosión.

La Directiva ATEX para usuarios establece los requerimientos mínimos para garantizar la seguridad y la protección de la salud de los trabajadores que puedan estar expuestos a riesgos por presencia de atmósferas potencialmente explosivas.

Para evitar explosiones el empresario deberá adoptar medidas técnicas y organizativas apropiadas según la siguiente jerarquía:

- Evitar el surgimiento de atmósferas potencialmente explosivas o,

cuando el tipo de trabajo no lo permita,

- Evitar el encendido de atmósferas potencialmente explosivas y
- Reducir los posibles efectos de una explosión de tal forma que la salud y la seguridad de los trabajadores u otras personas arriesgadas estén garantizadas.

La Directiva Europea 94/9/CE, también llamada „ATEX-95“ o „Directiva ATEX para productos“, describe las características de los equipos y sistemas de protección para uso en zonas potencialmente explosivas. En esta directiva se define el objetivo de protección. La transposición y los detalles de los aparatos y sistemas de protección no se describen si no que son tratados en las normas europeas.

1.6 | Clasificación en zonas de peligro

De acuerdo a la Directiva ATEX para usuarios el lugar en el que pueda formarse una atmósfera potencialmente explosiva de tal magnitud que se hagan necesarias medidas especiales para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores se denomina **lugar de peligro** y la atmósfera correspondiente a ese lugar se denomina **atmósfera potencialmente explosiva peligrosa**.

En estos lugares de trabajo debe colocarse un aviso específico de peligro. El „marcado EX“ advierte a los trabajadores y a otras personas sobre el peligro de explosiones a causa de la presencia de sustancias combustibles en la zona del puesto de trabajo. Esas sustancias combustibles pueden encontrarse en forma de gases, vapores, nieblas o polvos.



Atmósferas potencialmente explosivas pueden encontrarse en empresas grandes, p.ej. en empresas químicas, en refinerías, en centrales eléctricas, en empresas de abastecimiento de gas y también en empresas pequeñas como son empresas de procesamiento de madera, empresas de barnizado y pintura, en la agricultura y en la producción de alimentos.

Teniendo en cuenta los principios arriba mencionados se debe llevar a cabo una evaluación de riesgos en relación con los peligros de explosión en los lugares de trabajo. Las áreas de peligro tienen que ser reconocidas y clasificadas en zonas de acuerdo a la frecuencia y a la duración de la aparición de la atmósfera potencialmente explosiva peligrosa.

Clasificación en zonas (según la Directiva ATEX para usuarios):

Zona 0

es una zona en la que una atmósfera potencialmente explosiva peligrosa en forma de mezcla de aire y gases, vapores o nieblas combustibles está presente de modo continuo, o por espacios prolongados de tiempo, o con frecuencia.

Zona 1

es una zona en la que, bajo condiciones normales de operación, una atmósfera potencialmente explosiva peligrosa en forma de mezcla de aire y gases, vapores o nieblas inflamables puede formarse ocasionalmente.

Zona 2

es una zona en la que, bajo condiciones normales de operación, una atmósfera potencialmente explosiva peligrosa en forma de mezcla de aire y gases, vapores o nieblas inflamables habitualmente no aparece o aparece durante breves períodos de tiempo.

Zona 20

es una zona en la que una atmósfera potencialmente explosiva peligrosa en forma de nube de polvo combustible contenido en el aire está presente de modo continuo, o por espacios prolongados de tiempo, o con frecuencia.

Zona 21

es una zona en la que, bajo condiciones normales de operación, una atmósfera potencialmente explosiva peligrosa en forma de nube de polvo combustible contenido en el aire puede formarse ocasionalmente.

Zona 22

es una zona en la que, bajo condiciones normales de operación, una atmósfera potencialmente explosiva peligrosa en forma de nube de polvo combustible contenido en el aire habitualmente no aparece o aparece durante breves períodos de tiempo.

Nota:

1. Capas, depósitos y acumulaciones de polvo combustible tienen que ser considerados como cualquier otra causa que pueda conducir a la formación de una atmósfera potencialmente explosiva.
2. Como condiciones normales de operación se considera el estado en el que las instalaciones son usadas dentro de sus parámetros de configuración constructiva.

Para la clasificación de las zonas con peligro de explosión y la valoración de los gases y vapores combustibles se emplea a menudo la norma europea EN 60079-10. Esta norma contiene una clara relación entre la cantidad de gases y vapores inflamables que son liberados, las medidas de ventilación y la clasificación en zonas.

El tipo de zona se deriva de la duración y de la frecuencia de aparición de la atmósfera potencialmente explosiva. Ésta aparece con una cierta probabilidad, la cual se formula con los siguientes términos:

A: A menudo o por períodos prolongados de tiempo: temporalmente sobre todo relacionado al tiempo efectivo de funcionamiento (p.ej. en Alemania >50 %)

B: Habitualmente no o por corto tiempo: pocas veces al año por una media hora proximadamente

C: Ocasionalmente: duración y frecuencia. Las explicaciones de estos términos sólo indican puntos de referencia y no se deben considerar como valores fijos.

Con estos valores es posible la cuantificación de la definición de las zonas (si se desea), sin embargo para la mayor parte de las situaciones es conveniente un enfoque puramente cualitativo.

La clasificación en zonas también puede ser seleccionada para la determinación del volumen de las medidas de protección en relación a la categoría de los equipos del sistema de protección que se van a emplear en el lugar de peligro.

2. Listas de chequeo para la detección de riesgos

Una amenaza de peligro surge cuando las personas y las fuentes de peligro coinciden. De tal forma que los empleados pueden estar expuestos a riesgos cuando trabajan con sustancias químicas, encima de escaleras, con una sierra circular o con corriente eléctrica.

El concepto „riesgo“ describe la probabilidad (alta o pequeña) de que alguien pueda sufrir daño por las amenazas de peligro arriba mencionadas o por cualquier otra e indica a su vez que magnitud pudiera tener el daño.

Para la evaluación de un riesgo es por lo tanto necesario analizar la probabilidad de aparición de una atmósfera potencialmente explosiva así como las posibles consecuencias de la explosión que resulta de una posterior ignición.

Con la ayuda de la siguiente lista de chequeo se puede determinar el peligro de explosión. Un procedimiento para la evaluación del riesgo es presentado en el capítulo 3.

| Peligro de explosión | Medidas | Observaciones |
|---|---|---------------|
| <p>Informaciones generales</p> <p><input type="checkbox"/> ¿Hay presencia de sustancias combustibles (gases, vapores, nieblas, polvos)?</p> <p><input type="checkbox"/> ¿Puede surgir una mezcla potencialmente explosiva si hay suficiente esparcimiento de estas sustancias en el aire (estimación de fuentes y cantidades de la atmósfera potencialmente explosiva)</p> <p><input type="checkbox"/> ¿Es posible la formación de una atmósfera potencialmente explosiva?</p> <p><input type="checkbox"/> ¿Se ha evitado la formación de una atmósfera potencialmente explosiva con la aplicación de las medidas arriba mencionadas?</p> <p>Nota: Si la respuesta es negativa compruebe cuales medidas pueden ser aplicadas, cuales son las que evitan o disminuyen la inflamación de atmósferas potencialmente explosivas.</p> <p><input type="checkbox"/> ¿Se evita de forma segura la inflamación de atmósferas potencialmente explosivas con la aplicación de las medidas arriba mencionadas?</p> <p><input type="checkbox"/> otras _____</p> | <p>Medidas para limitar o evitar la formación de una atmósfera potencialmente explosiva</p> <p><input type="checkbox"/> sustituir los sustancias inflamables por sustancias no inflamables o menos inflamables</p> <p><input type="checkbox"/> limitar las cantidades, almacenadas en los lugares de trabajos a la cantidad necesaria para la continuidad de los trabajos</p> <p><input type="checkbox"/> almacenamiento temporal seguro de los desechos que aparecen durante el trabajo y de los restos que quedan al final de la jornada/turno de trabajo</p> <p><input type="checkbox"/> evitar o limitar la formación de una atmósfera potencialmente explosiva en el interior de instalaciones o en partes de instalaciones mediante</p> <ul style="list-style-type: none"> - limitación de la concentración - inertización <p><input type="checkbox"/> evitar o restringir la formación de una atmósfera potencialmente explosiva en los alrededores de instalaciones o en partes de instalaciones mediante</p> <ul style="list-style-type: none"> - hermeticidad de las instalaciones - medidas de ventilación: <ul style="list-style-type: none"> • para gases: ventilación (ventilación natural o técnica) • para polvo: ventilación técnica y medidas para la eliminación de depósitos <p><input type="checkbox"/> control de la concentración</p> <p><input type="checkbox"/> medidas que evitan o limitan la ignición de una atmósfera potencialmente explosiva</p> <p><input type="checkbox"/> evaluación de la frecuencia y la duración de la aparición de una atmósfera potencialmente explosiva (clasificación en zonas)</p> <p><input type="checkbox"/> según la clasificación en zonas anteriormente mencionadas los equipos eléctricos y no eléctricos y los sistemas de protección que contienen fuentes de ignición deben ser empleados de acuerdo a la correspondiente categoría de equipos</p> <p><input type="checkbox"/> medidas de tipo constructivas de protección contra explosión que limitan los efectos de la explosión a una dimensión no riesgosa.</p> <ul style="list-style-type: none"> - construcción a prueba de explosiones - despresurización de la explosión - supresión de la explosión - desacoplar técnicamente la explosión en vinculación con las medidas mencionadas anteriormente <p><input type="checkbox"/> otras _____</p> | |

| Peligro de explosión | Medidas |
|--|---|
| <p>fuentes de ignición</p> <p><input type="checkbox"/> ¿Existen fuentes de ignición?</p> <p>Peligros de ignición por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> superficies calientes (p.ej. secador, caldera de calefacción, tuberías calientes, procesos mecánicos por fricción y desprendimiento de asstias) <input type="checkbox"/> llamas y gases calientes (p.ej. fumar, fuego, llama abierta, soldar y cortar) <input type="checkbox"/> chispas producidas mecánicamente (p.ej. por procesos de afilamiento, fricción y de golpeo) <input type="checkbox"/> instalaciones eléctricas (p.ej. interruptor, relé) <input type="checkbox"/> corrientes eléctricas de compensación, anticorrosión catódica <input type="checkbox"/> electricidad estática (p.ej. como resultado de la fricción, transporte neumático, fluido de líquidos) <input type="checkbox"/> caída de un rayo <input type="checkbox"/> campos electromagnéticos en la gama de frecuencias de 9×10^3 Hz hasta 3×10^{11} Hz <input type="checkbox"/> radiación electromagnética en la gama de frecuencias de 3×10^{11} Hz hasta 3×10^{15} Hz o longitudes de onda de $1000 \mu\text{m}$ hasta $0,1 \mu\text{m}$ (banda espectral óptica) <input type="checkbox"/> radiación ionizante <input type="checkbox"/> ultrasonido <input type="checkbox"/> compresión adiabática, ondas de choque, fugas de gases <input type="checkbox"/> reacciones químicas <p><input type="checkbox"/> otras _____</p> | <p>evitar peligros vigentes de ignición en la zona de peligro</p> <ul style="list-style-type: none"> - no permitir fuentes de ignición en la zona de trabajo con sustancias fácilmente inflamables - evitar fuentes de ignición, prohibición de hacer fuego, encender llama y fumar <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> chispas inflamables pueden evitarse, por ejemplo, mediante enfriamiento por agua en el lugar de afilado o pueden reducirse mediante la elección de combinaciones de sustancias más favorables <input type="checkbox"/> seleccionar equipos eléctricos y no eléctricos apropiados (p.ej., ATEX 95) <input type="checkbox"/> controlar y limitar las temperaturas de las superficies calientes <input type="checkbox"/> descarga eléctrica segura mediante el empleo de sustancias aún más conductibles y mediante conexión a tierra <p><input type="checkbox"/> otras _____</p> |
| <p>mantenimiento preventivo</p> <p>trabajos en caliente (p.ej. afilado, oxicorte, soldadura) en zonas con posible amenaza de peligro de explosión (de forma general)</p> <p><input type="checkbox"/> otras _____</p> | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> retirar todos las sustancias inflamables y eliminación de los depósitos de polvo, si fuera necesario <input type="checkbox"/> mantener limpia el área de trabajo mediante limpieza periódica con utensilios y materiales de limpieza adecuados <input type="checkbox"/> mantenimiento periódico de los equipos eléctricos y mecánicos según las indicaciones del fabricante <input type="checkbox"/> controlar que no exista o que no pueda formarse una atmósfera potencialmente explosiva antes de comenzar con los trabajos <p><input type="checkbox"/> otras _____</p> |

3. Evaluación de riesgos

La elección de las medidas preventivas y de protección a poner en práctica puede hacerse con ayuda del factor de probabilidad y del factor de incidencia mediante la siguiente matriz:

| | | Factor de incidencia | | | |
|------------------------|---|----------------------------|---|--|---|
| | | pequeño (heridas leves) | mediano (heridas simples hasta graves) | grave (heridas con peligro para la vida o muerte) | catastrófico (varios casos de muertes) |
| Factor de probabilidad | alto (ocurre probablemente por lo menos una vez al año durante la vida útil de la instalación) | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | mediano (ocurre probablemente más de una vez durante la vida útil de la instalación) | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | bajo (probablemente no ocurre durante la vida útil de la instalación) | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | muy bajo (es muy improbable que ocurra o se descarta su aparición) | 1 | 2 | 3 | 4 |

En el escenario arriba descrito la vida útil de la instalación está estimada en 20 años. Tomando como base los valores determinados en la tabla anterior en la siguiente tabla se indican las medidas requeridas y los plazos dentro de los cuales estas medidas tienen que ser puestas en práctica:

| Valor medido | Medidas a tomar y plazos de tiempo |
|--|---|
| 1 – 2 (riesgo aceptable) | No se requieren medidas adicionales de protección. Posibles medidas de mejoramiento deben considerarse teniendo en cuenta la relación costosprovechos. Supervisión continua para el aseguramiento de la realización de las medidas de protección. |
| 3 – 4 (es necesario disminuir el riesgo) | Dentro de un plazo de tiempo establecido se deben tomar medidas para la reducción del riesgo a un nivel aceptable. |
| 5 – 7 (es necesaria la inmediata reducción del riesgo) | Sólo se puede comenzar con los trabajos cuando el riesgo haya sido reducido a un nivel aceptable. Las medidas necesarias de mejoramiento son importantes y deben emplearse inmediatamente para trabajos ya comenzados. Si el riesgo no puede ser disminuido a un nivel aceptable entonces se tiene que mantener la prohibición de los trabajos. |

4. Disminución de los riesgos, toma de medidas

4.1 | Introducción

El rasgo que diferencia al incendio de una explosión es la velocidad con la que el material combustible reacciona con el oxígeno. Muchos de los procesos de oxidación ocurren directamente ante nuestros ojos sin que nos demos cuenta. Durante la oxidación se libera energía en forma de calor. Cuando se ha alcanzado una velocidad determinada de oxidación la energía liberada se hace visible en forma de una llama. Los procesos de oxidación con estos efectos se denominan incendio o combustión.

En cambio una explosión es un proceso de combustión muy rápido que conduce a una elevación de temperatura y/o de presión.

Si durante la evaluación de riesgos se llega a la conclusión de que existe el ries-

go de explosión en el lugar de trabajo se tienen que determinar medidas y tienen que ser puestas en práctica para

- evitar el riesgo o
- reducir el riesgo a un nivel aceptable.

Aquí puede tratarse de **medidas preventivas** o de medidas de protección o de una combinación de ambas. También puede tratarse de medidas **técnicas** y **organizativas**.

Importante:

Si la empresa no cuenta con una persona calificada que pueda determinar las medidas preventivas de protección el empresario tiene que recurrir a una empresa externa de servicio calificada o a otros expertos.

4.2 | Medidas preventivas

El objetivo de las medidas preventivas es excluir el riesgo de una explosión evitando el surgimiento de una atmósfera potencialmente explosiva peligrosa o impidiendo la aparición de fuentes de ignición.

4.2.1 *Evitar o limitar la cantidad de sustancias inflamables*

Siguiendo el principio de prevención este tipo de medidas se encuentra muy arriba en la jerarquía de prevención. Sin embargo en muchos de los casos las sustancias inflamables no pueden ser sustitui-

das por sustancias no inflamables porque ellas mismos son el resultado de un proceso específico o porque son un elemento decisivo del proceso. En esos casos la cantidad de sustancias inflamables almacenada debe reducirse al mínimo necesario. Las sustancias inflamables deben ser almacenadas en envases adecuados cerrados y debidamente etiquetados, alejados de posibles fuentes de ignición. Es importante que las sustancias inflamables no se almacenen junto con sustancias incompatibles con las que pudieran

reaccionar y provocar de esta forma una explosión.

4.2.2 Respetar los límites de explosión para la concentración de la sustancia inflamable/de la mezcla de aire

La formación de atmósferas explosivas fuera de las instalaciones de la empresa tiene que evitarse hasta donde sea posible. Esto se puede lograr empleando instalaciones cerradas. Dichas instalaciones tienen que estar construidas de tal forma que bajo condiciones prevesibles de operación no puedan producirse escapes. Mediante mantenimientos periódicos y supervisión continua se debe garantizar este objetivo.

Si el escape de sustancias inflamables no puede excluirse totalmente entonces debe evitarse la formación de una atmósfera potencialmente explosiva mediante la adopción de medidas adecuadas de tal forma que la concentración de las sustancias inflamables en una mezcla con aire quede fuera de los límites de explosividad. Algunas de las posibles medidas son, p.ej. ventilación y limpieza.

Especialmente para gases o vapores:

- ventilación natural (intercambio del aire sin medidas técnicas)
- ventilación técnica (intercambio del aire dentro del espacio o de la zona de trabajo empleando medios técnicos, p.ej. ventiladores, inyectores de aire)
- aspiración (detección y evacuación localizada de gases, vapores inflamables)

El polvo inflamable debe ser aspirado siempre con prioridad directamente en el lugar de emisión. También es muy importante mantener limpio el lugar de trabajo.



Figura 3: Método inadecuado y método adecuado para la eliminación del polvo inflamable

La acumulación de polvo inflamable puede evitarse mediante medidas de limpieza periódica y empleando utensilios de limpieza adecuados. Se debe evitar el arremolinamiento del polvo inflamable pues esto podría provocar la formación de una nube de polvo. El humedecimiento del polvo inflamable antes de su alejamiento impide la dispersión.

Se debe tener en cuenta que a pesar de la efectividad de los sistemas de ventilación y de las actividades de limpieza siempre puede quedar un riesgo restante que deberá ser evaluado nuevamente y ser reducido adoptando medidas adicionales.

4.2.3 Determinación de la consistencia de los polvos

La indagación de los parámetros de los polvos (p.ej. composición, distribución de la granulometría, humedad, parámetro de combustión, límite inferior de explosividad) sirve para el establecimiento de medidas importantes de protección que

son relevantes para la protección contra explosiones.

4.2.4 Evitar fuentes efectivas de ignición

Para evitar el encendido de una atmósfera potencialmente explosiva se deben determinar las posibles fuentes de ignición y adoptar medidas para impedir las.

Dentro de esas medidas se encuentran:

- Poner a la disposición medios adecuados de trabajo
- Emplear los medios de trabajo de tal forma que las fuentes de ignición no lleguen a ser efectivas
- El montaje, la instalación y el funcionamiento de los equipos y sistemas de protección deben realizarse de forma tal que las fuentes de ignición no lleguen a ser efectivas

La efectividad de las fuentes de ignición depende, entre otras cosas, de la energía de la fuente de ignición y de las propiedades de la atmósfera potencialmente explosiva. Con la adopción de medidas adecuadas de protección se puede lograr que las fuentes de ignición no produzcan efectos o se puede reducir la probabilidad de su efectividad. El volumen de las medidas de protección se rige por

la probabilidad de la presencia de atmósfera potencialmente explosiva (clasificación en zonas).

- Los aparatos eléctricos y no eléctricos tienen que cumplir con los requisitos de la Directiva ATEX 95. Se debe tener en cuenta que el aparato tiene que ser apropiado para el respectivo entorno del lugar de trabajo con amenaza de peligro, p.ej. el aparato con certificación para gases sólo debe emplearse en zonas con atmósferas gaseosas potencialmente explosivas.



4.2.5 Sistema de alerta para atmósferas potencialmente explosivas

Para que la formación de una atmósfera potencialmente explosiva pueda ser avisada a tiempo se pueden emplear sistemas apropiados de alerta. Estos sistemas por lo general activan una señal de alarma cuando la concentración de la mezcla de aire y sustancia inflamable ha alcanzado aproximadamente el 20 % del límite inferior de explosividad de esa sustancia inflamable. Tales sistemas pueden desconectar aquellos aparatos que no sean a prueba de explosiones, encender la ventilación técnica, etc.

4.3 | Medidas organizativas

Las medidas organizativas se deben adoptar cuando las medidas técnicas no garanticen con suficiente seguridad la protección contra explosiones en el lugar de trabajo. La continuidad de las medidas técnicas de protección contra explosiones mediante mantenimiento y revisión también se tiene que estipular en forma organizativa.

Las siguientes medidas organizativas pudieran entrar en consideración:

1. Elaboración de instrucciones de trabajo por escrito
2. Aleccionamiento de los empleados
3. Aplicación de un sistema de permisos de trabajo
4. Realización de controles
5. Suficiente cualificación de los empleados

6. Señalización de las zonas con peligro de explosión



Figura 4: Medidas organizativas

1. Elaboración de instrucciones de trabajo por escrito
2. Mantenimiento y control periódicos
3. Limpieza periódica
4. Señalización del lugar de trabajo
5. Suficiente cualificación

4.3.1 *Elaboración de instrucciones de trabajo por escrito*

Instrucciones de trabajo son indicaciones y reglas de comportamiento por escrito específicas para la labor a realizar entregadas a los empleados por el empresario.

Ellas describen los riesgos específicos del lugar de trabajo y estipulan las medidas de protección que deben ser respetadas. Las instrucciones de trabajo deben ser acatadas por los empleados.

4.3.2 *Aleccionamiento de los empleados*

Los empleados deben ser informados extensamente mediante un aleccionamiento sobre los riesgos de explosión existentes en el lugar de trabajo y sobre las medidas de protección adoptadas. Además se debe advertir a los empleados cuales son los equipamientos de protección personal que tienen que utilizar durante el trabajo. En el aleccionamiento se tienen que incluir las instrucciones de trabajo existentes. La fecha, los contenidos y los participantes tienen que ser documentados por escrito.

4.3.3 *Aplicación de un sistema de permisos de trabajo*

Los trabajos de mantenimiento que pudieran provocar posiblemente una explosión tienen que ser realizados dentro de un sistema de permisos de trabajo. Se debe entregar un certificado de permiso firmado por la persona responsable. El certificado de permiso debe incluir como mínimo lo siguiente:

- el lugar de trabajo
- una descripción y la duración de los trabajos a realizar
- la cantidad y el nombre de los empleados a quienes se les ha encargado la tarea
- los medios de trabajo a emplear
- el nombramiento de los riesgos
- una lista de las medidas de protección requeridas y la confirmación de la persona responsable de que estas medidas serán puestas en práctica
- el empleo del equipamiento de protección requerido
- una confirmación de que los empleados en cuestión han recibido la necesaria formación

La experiencia muestra que los trabajos de mantenimiento implican un riesgo mayor de accidente. Antes, durante y después de la terminación del trabajo se debe garantizar que las medidas de protección han sido observadas.

4.3.4 Realización de controles

Antes de la primera utilización de un lugar de trabajo que contenga zonas en la que pueda aparecer una atmósfera potencialmente explosiva se debe valorar la instalación completa. Un control también es necesario cuando en esa zona se han realizado cambios que tienen efectos sobre el nivel de seguridad. Además la eficacia de las medidas adoptadas en una instalación tiene que ser controlada en espacios periódicos de tiempo. La frecuencia del control se rige por el tipo de la medida de protección

contra explosiones. Estos controles periódicos sólo deben ser realizados por una persona capacitada.

4.3.5 Suficiente cualificación

En cada lugar de trabajo debe laborar una suficiente cantidad de empleados con la formación y la experiencia requerida en el campo de protección contra explosiones para realizar las tareas encomendadas.

4.3.6 Señalización

Los accesos a las zonas de peligro tienen que estar señalizados con la señal de prohibición „Prohibido hacer fuego, encender llama y fumar“, la señal de precaución „Zona con riesgo de atmósferas explosivas,“ y la señal de prohibición „Ingresar sólo personas autorizadas“.

4.4 | Medidas constructivas de protección

4.4.1 Informaciones generales

Si no se puede excluir que sobrevenga una explosión entonces hay que adoptar medidas adicionales. Estas medidas adicionales no evitan las explosiones pero ayudan a restringir sus efectos (accidentes y daños materiales) a un nivel no peligroso.

Los efectos de una explosión pueden ser limitados mediante medidas **constructivas de protección**, p.ej.

- construcción a prueba de explosiones,
- despresurización de la explosión,
- supresión de la explosión y
- desacoplamiento técnico de la explosión.

4.4.2 Construcción a prueba de explosiones

Cuando se aplica esta medida todas las partes expuestas tienen que estar diseñadas de forma tal que sean capaces de soportar una explosión interior sin quebrarse.

Envases, aparatos y tuberías **resistentes a la presión de una explosión** soportan la presión esperada de la explosión sin deformación permanente. Su diseño depende de la presión esperada de la explosión.

Envases, aparatos y tuberías **resistentes a la sobrepresión de la onda de choque de una explosión** están contruidos de tal forma que en caso de ocurrir una explosión soporten la presión esperada de la explosión sin romperse siendo admisibles las deformaciones ocurridas. Des-

pués de ocurrir una explosión se tienen que controlar las deformaciones de las partes afectadas de la instalación antes de permitir su ulterior funcionamiento.

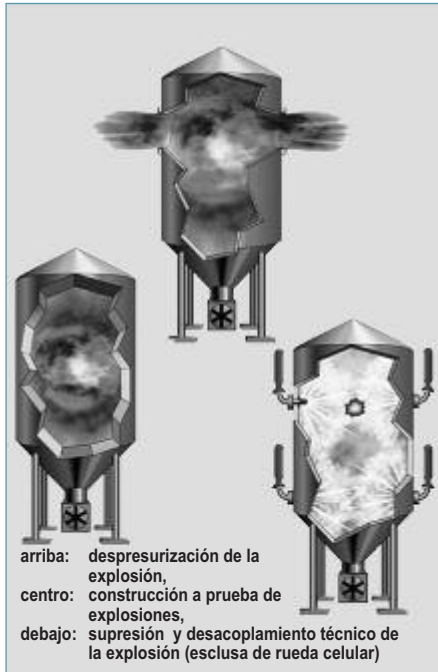


Figura 5: Medidas constructivas de protección contra explosiones

4.4.3 Despresurización de la explosión

La despresurización de la explosión contiene todas las medidas para la descarga de la presión producida por la explosión de los envases o instalaciones cerrados en una dirección no peligrosa. Los dispositivos para despresurización de la explosión deben asegurar que la instalación o el equipo no se vea sometido a presiones muy elevadas que sobrepasen los valores de su solidez constructiva. Algunos dispositivos para despresurización son,



Figura 6: Despresurización de la explosión

p.ej. discos de ruptura o trampillas de descarga de la explosión.

Sin embargo la despresurización de la explosión no debe emplearse cuando los materiales sean peligrosos, p.ej. venenosos o corrosivos.

4.4.4 Supresión de la explosión

Los sistemas de supresión de la explosión son dispositivos que, como en el caso de la despresurización de la explosión, impiden el desarrollo de presiones altas inadmisibles durante el transcurso de la explosión en los envases. Su efecto se basa en reconocer el aumento de la presión o la expansión de las llamas en los primeros momentos de la explosión y en la supresión de la explosión mediante la liberación de agentes extintores.

4.4.5 Desacoplamiento técnico de la explosión

Una explosión que se inicia en una parte de la instalación se puede propagar, p.ej. por medio de tuberías o canales de conexión, a partes y a zonas colindantes de la instalación donde pueden producirse otras explosiones. Una presión extrema de explosión se origina por desplaza-



Figura 7: Dispositivo para el desacoplamiento técnico de la explosión

miento, turbulencias durante la expansión de una explosión. La presión de la explosión originada puede ser mucho mayor que la presión máxima de explosión bajo condiciones normales y puede destruir las zonas no protegidas de los equipos e incluso partes de la instalación resistentes a la presión de una explosión o resistentes a la sobrepresión de la onda de choque de una explosión.

Por esta razón es importante que las posibles explosiones se limiten sólo a

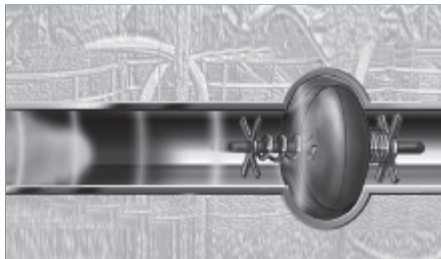


Figura 8: Desacoplamiento técnico de la explosión con válvula de cierre rápido

las partes aledañas a la instalación. El desacoplamiento técnico de la explosión se puede realizar mediante:

- dispositivos mecánicos de cierre rápido
- extinción de llamas en hendiduras estrechas o mediante inyección de agentes extintores
- detención de las llamas mediante altas contracorrientes
- inmersión
- esclusas de rueda celular.

5. Documento de protección contra explosiones

La Directiva ATEX para usuarios estipula que el empresario elabore un documento de protección contra explosiones. Este documento debe ser elaborado para cada método de trabajo y para cada equipo antes de que comiencen los trabajos y debe ser actualizado cada vez que se realice algún tipo de cambio. El documento de protección contra explosiones contiene en lo esencial muchas de las informaciones ya descritas en este folleto.

Por ejemplo:

- la evaluación de los riesgos y las medidas que se han adoptado para disminuir los riesgos,
- la clasificación de las diferentes áreas de trabajo en zonas,
- métodos de aleccionamiento y de mantenimiento e
- indicaciones de como se debe lograr la coordinación de las medidas de seguridad.

Este folleto ha sido desarrollado por las asociaciones mencionadas debajo.
Ellas se responsabilizan por el contenido total del mismo:



Comité para la Prevención en la Industria Metalúrgica

c/o Allgemeine
Unfallversicherungsanstalt
Office for International
Relations
Adalbert-Stifter-Strasse 65
1200 Vienna · Austria
Fon: +43 (0) 1-33 111-558
Fax: +43 (0) 1-33 111-469
E-Mail: issa-metal@auva.at



Comité para la Electricidad

c/o Berufsgenossenschaft
Energie Textil Elektro
Medienerzeugnisse
Gustav-Heinemann-Ufer 130
50968 Köln · Germany
Fon: +49 (0) 221-3778-6007
Fax: +49 (0) 221-3778-196007
E-Mail: electricity@bgetem.de



Comité para la Seguridad de Máquinas y Sistemas

Dynamostrasse 7-11
68165 Mannheim · Germany
Fon: +49 (0) 621-4456-2213
Fax: +49 (0) 621-4456-2190
E-Mail: info@ivss.org

www.issa.int

Haga clic en „Comités para la Prevención” bajo „ENLACES RÁPIDOS”