



CONFEDERACIÓN DE EMPRESARIOS DE NAVARRA

# Guía para la elaboración de documentos de protección contra explosiones



Financia

Instituto Navarro de Salud Laboral

## ÍNDICE

|| Guía para la elaboración de documentos de protección de explosiones ||

<b>1. GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS DE PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIONES.....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción .....	7
1.1.1. Identificación de la empresa (razón social,...) .....	7
1.1.2. Objeto del DPCE .....	7
1.1.3. Referencias legales y normativa asociada .....	9
<b>2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y DE LOS SECTORES DE ACTIVIDAD.....</b>	<b>10</b>
2.1. Datos de la empresa .....	10
2.2. Características constructivas y geográficas.....	10
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS Y/O ACTIVIDADES Y DIAGRAMA DE PROCESO .....</b>	<b>11</b>
<b>4. DESCRIPCIÓN DE LAS SUSTANCIAS UTILIZADAS Y SUS PARÁMETROS DE EXPLOSIVIDAD.....</b>	<b>12</b>
4.1. Identificación de las características de explosividad .....	14
4.1.1. GASES O VAPORES .....	14
4.1.2. POLVOS .....	18
<b>5. EVALUACIÓN DE RIESGOS (SISTEMA/METODOLOGÍA EMPLEADOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS) .....</b>	<b>20</b>
5.1. Clasificación de emplazamientos peligrosos .....	22
5.1.1. Clasificación de emplazamientos peligrosos para GASES.....	24
5.1.2. Clasificación de emplazamientos peligrosos para POLVOS.....	32
5.2. Identificación y análisis de todas las posibles fuentes de ignición .....	37
5.3. Criterios específicos para la evaluación del material eléctrico / mecánico .....	45
5.3.1. Marcado de conformidad con el R.D. 400/1996 (Aparatos y Sistemas de Protección para Uso en Atmósferas Potencialmente Explosivas).....	47
5.3.2. Marcado normativo, complementario del anterior y orientado a permitir una utilización segura del equipo....	49
5.4. Determinación de la probabilidad de activación de dichas fuentes.....	61
5.5. Valoración del riesgo, en función de la probabilidad y las consecuencias .....	62
<b>6. MEDIDAS TÉCNICAS ADOPTADAS O A ADOPTAR PARA LA PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIONES..</b>	<b>66</b>
6.1. Medidas preventivas para impedir la formación de ATEX.....	67
6.2. Medidas preventivas para evitar la ignición de ATEX.....	70
6.2.1. Medidas preventivas para evitar la ignición de atmósferas explosivas generadas por GASES.....	70
6.2.2. Medidas preventivas para evitar la ignición de atmósferas explosivas generadas por POLVOS.....	77
6.3. Medidas de protección: medidas para limitar los efectos de las explosiones .....	83
6.4. Medidas de protección mediante el control de procesos .....	90
<b>7. MEDIDAS ORGANIZATIVAS: IMPLANTACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL.....</b>	<b>91</b>
7.1. Instrucciones de servicio para los puestos de trabajo.....	91
7.2. Cualificación de los trabajadores.....	92
7.3. Contenido y frecuencia de la formación.....	95
7.4. Regulación de los equipos de trabajo móviles en las áreas de riesgo. ....	96
7.5. Equipos de protección individuales para los trabajadores.....	96
7.6. Sistema de permisos de trabajo y su organización.....	96
7.7. Programa de limpieza .....	99
7.8. Organización de los trabajos de mantenimiento, control y comprobación .....	100
7.9. Señalización de las áreas de riesgo.....	101
<b>8. PLANIFICACIÓN, REALIZACIÓN Y COORDINACIÓN DE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIONES .....</b>	<b>102</b>
8.1. Planificación y realización .....	102
8.2. Coordinación de actividades.....	103
<b>9. ANEXO.....</b>	<b>105</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>106</b>

# 1. GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS DE PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIONES

## INTRODUCCIÓN A LA GUÍA DE ELABORACIÓN DE DPCE

Las explosiones, aunque son relativamente poco frecuentes en la industria, cuando se dan suelen tener consecuencias catastróficas por lo que se deben considerar como un riesgo más de la actividad industrial.

El riesgo de explosión puede aparecer en cualquier empresa donde se manipulen sustancias inflamables y/o combustibles.

El **R.D. 681/2003** y su guía de aplicación, forman parte del desarrollo reglamentario de la **Ley de Prevención de Riesgos Laborales** para su aplicación en lugares de trabajo donde fuera posible la formación de atmósferas explosivas.

El empresario tiene la obligación de **elaborar y mantener actualizado** un “**Documento de protección contra explosiones**” (DPCE) en aquellas instalaciones susceptibles de tener riesgo de formación de atmósferas explosivas, de acuerdo con el Artículo 8 del **R.D. 681/2003** sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de la formación de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

### ¿Qué es una atmósfera explosiva?



Una atmósfera explosiva es, según el **R.D. 681/2003**, la mezcla con el aire, en 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.

## ¿Qué son condiciones atmosféricas?

Las condiciones atmosféricas son, una temperatura en el rango de -20 °C a 60 °C y un rango de presión entre 0,8 bar y 1,1 bar según el artículo 4 de la Guía Europea de la Directiva 94/9/CE transpuesta en el R.D. 400/1996.

## ¿Qué es el Documento de Protección Contra Explosiones (DPCE)?

El documento de protección contra explosiones (DPCE) es una recopilación de las actuaciones preventivas realizadas por la empresa que tiene por objeto reflejar el conjunto de medidas adoptadas para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo de explosión.

Puede ser un documento independiente o encontrarse integrado total o parcialmente con la documentación general sobre la evaluación de riesgos y las medidas de protección y prevención.

## ¿Hay exclusiones?

Sí; quedan excluidas del alcance del Documento de Protección Contra Explosiones las sustancias inestables como explosivos y sustancias pirotécnicas o cuando la mezcla explosiva se encuentra fuera de condiciones atmosféricas.

Es importante tener en cuenta que, aunque el proceso se realice en el interior de un equipo en condiciones distintas de las atmosféricas (y quede fuera de ATEX), si es posible que se produzcan fugas, éstas si quedarán dentro del ámbito de aplicación.

Por ejemplo, en el interior de un depósito de gas licuado almacenado a condiciones distintas de las atmosféricas no existe atmósfera explosiva pero, si se produce una fuga de gas, ésta **sí** se considera atmósfera explosiva.

## ¿Cuándo debe realizarse el Documento de Protección Contra Explosiones (DPCE)?

El Documento de Protección Contra Explosiones debe realizarse **siempre que exista riesgo de formación de una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa**, es decir, siempre que haya sustancias inflamables y/o combustibles en la empresa en forma de gas, vapor, niebla o polvo que puedan mezclarse con el aire en cantidades peligrosas.

El DPCE se elaborará antes de que comience el trabajo y se revisará siempre que se realicen modificaciones, ampliaciones o transformaciones importantes en el lugar de trabajo, en los equipos de trabajo o en la organización del trabajo.

## ¿Qué cantidad de sustancias inflamables y/o combustibles es necesaria para que exista riesgo de formación de una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa?

Uno de los factores que condiciona la formación de una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa, aunque no el único, es la **cantidad** de sustancia inflamable y/o combustible disponible. Cuanto mayor es la cantidad de sustancia, mayor es la dimensión de la atmósfera explosiva que se puede formar.

A pesar de que la normativa actual no establece unas **cantidades mínimas** necesarias de sustancias inflamables y/o combustibles a partir de las cuales es posible la formación de una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa, a continuación se muestran varios criterios que pueden servir a modo de orientación para justificar si las cantidades de sustancias inflamables y/o combustibles son suficientes para formar una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa:

### A. **UNE 20322:1986** clasificación de emplazamientos con riesgo de explosión debido a la presencia de gases, vapores y nieblas inflamables (No vigente – anulada por UNE 60079-10)

En función del **punto de destello** de la sustancia (temperatura más baja a la que un líquido desprende suficientes vapores para formar una mezcla vapor / aire inflamable), se puede considerar que si las cantidades de sustancia son inferiores a las indicadas en la siguiente tabla, no hay riesgo de formación de una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa.

CLASIFICACIÓN SEGÚN PUNTO DE DESTELLO			
GRUPO	Punto de destello (°C)	Volumen mínimo $V_o$	
		Proceso	Almacenamiento
A	$TD \leq 0^\circ\text{C}$ ( $T_e > 0^\circ\text{C}$ )	$0,1 \text{ m}^3$	$1 \text{ m}^3$
B	$0^\circ\text{C} < TD \leq 21^\circ\text{C}$	$0,5 \text{ m}^3$	$2 \text{ m}^3$
C	$21^\circ\text{C} < TD \leq 40^\circ\text{C}$	$1 \text{ m}^3$	$10 \text{ m}^3$
D	$40^\circ\text{C} < TD \leq 65^\circ\text{C}$	$2 \text{ m}^3$	$20 \text{ m}^3$

CLASIFICACIÓN SEGÚN PUNTO DE DESTELLO			
GRUPO	Punto de destello (°C)	Volumen mínimo $V_0$	
		Proceso	Almacenamiento
E	65°C < TD	4 m <sup>3</sup>	40 m <sup>3</sup>
F		Según el tipo de sustancia	

**B. R.D. 379/2001**, de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias: **MIE-APQ-1: Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles**

*Esta instrucción técnica se aplicará a las instalaciones de almacenamiento, carga y descarga y trasiego de los líquidos inflamables y combustibles comprendidos en la siguiente clasificación con las siguientes excepciones: Los almacenamientos con capacidad inferior a 50 l de productos de clase B, 250 l de clase C o 1.000 l de clase D.*

CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS SEGÚN APQ-1		
Clase	Subclase	Criterio
		Presión de vapor absoluta a 15 °C > 1 bar (1.000 hPa).
A	A1	Productos de clase A que se almacenan licuados a una temperatura inferior a 0 °C.
	A2	Productos de clase A que se almacenan en otras condiciones.
		Punto de Inflamación < 55 °C y que no sean A.
B	B1	Productos de clase B cuyo punto de inflamación es inferior a 38 °C.
	B2	Productos de clase B cuyo punto de inflamación es igual o superior a 38 °C e inferior a 55 °C.
C		Punto de Inflamación > 55 °C y < 100 °C.
D		Punto de Inflamación > 100 °C y < 150°C.

**C. ADR (Acuerdo Europeo sobre el transporte internacional de Mercancías Peligrosas)**

En el punto 7 de la Tabla A: lista de mercancías peligrosas del ADR se describen las **cantidades limitadas y exceptuadas** por debajo de las cuales no es preciso el cumplimiento de ADR para el transporte de mercancías peligrosas.

Además de la cantidad de sustancia inflamable y/o combustible, para que se forme una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa hay que tener en cuenta las condiciones ambientales en que se encuentre la sustancia (presión y temperatura) así como la ventilación del lugar. A mayor presión y temperatura y menor ventilación más formación de atmósfera explosiva potencialmente peligrosa.

En el caso de atmósferas explosivas formadas por nubes de polvo, además es importante tener en cuenta la granulometría de la sustancia combustible (cuanto más fino es el polvo más riesgo de formación ATEX) y humedad ambiental (a mayor humedad, menor riesgo ATEX).

Si las cantidades de sustancias inflamables disponibles son inferiores a las indicadas en la UNE 20322:1986 y; ni la legislación relativa al almacenamiento de productos inflamables (disponer en las instalaciones de cantidades inferiores a 50l de clase B, 250l de clase C o 1.000l de clase D) ni el ADR (cantidades inferiores a las limitadas y exceptuadas) son de aplicación, se puede concluir que: *si ni el almacenamiento, ni el transporte de las sustancias inflamables y/o combustibles disponibles es peligroso, es poco probable que se forme una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa; siempre y cuando la ventilación sea suficiente y las condiciones ambientales de presión y temperatura adecuadas.*

## ¿Qué debe contener el Documento de Protección Contra Explosiones (DPCE)?

El R.D. 681/2003, establece en el artículo 8 que el contenido del Documento de Protección Contra Explosiones debe reflejar lo siguiente:

- a) *Que se han determinado y evaluado los Riesgos de Explosión.*
- b) *Que se tomarán las medidas adecuadas para lograr los objetivos de éste Real Decreto.*
- c) *Que las áreas han sido clasificadas en zonas según el Anexo I de éste Real Decreto.*
- d) *Las áreas en que se aplicarán los requisitos mínimos establecidos en el Anexo II.*
- e) *Que el lugar y los equipos de trabajo, incluidos los sistemas de alerta, están diseñados y se utilizan y mantienen, teniendo debidamente en cuenta la seguridad.*
- f) *Que se han adoptado las medidas necesarias, de conformidad con el R.D. 1215/1997, para que los equipos de trabajo se utilicen en condiciones seguras.*

Con el fin de dar respuesta a todos los puntos anteriores se puede estructurar el Documento de Protección Contra Explosiones (DPCE) de la siguiente manera:

- Introducción.
- Descripción del lugar de trabajo y de los sectores de actividad.
- Descripción de los procesos y/o actividades y diagrama de proceso.
- Descripción de las sustancias utilizadas y sus parámetros de explosividad.
- Presentación de los resultados de la evaluación de riesgos.
- Medidas de protección adoptadas o a adoptar para la protección contra explosiones (técnicas y organizativas).
- Planificación, realización y coordinación de las medidas de protección contra explosiones.
- ANEXO.

A continuación se desarrollará a modo de guía de elaboración del Documento de Protección Contra Explosiones el índice propuesto en la **Nota Técnica de Prevención 826. El documento de protección contra explosiones (DPCE)**.

## 1.1. INTRODUCCIÓN

### 1.1.1. Identificación de la empresa (razón social,...)

Este apartado deben aparecer los datos de identificación de la empresa propietaria del Documento de Protección Contra Explosiones:

- Denominación de la actividad.
- Razón social.
- Situación de la empresa: dirección, localidad, provincia, Código Postal...
- Datos de contacto: teléfono, fax, correo electrónico...

### 1.1.2. Objeto del DPCE

En este apartado se indicará el objetivo del Documento y su justificación.

Se deberá de justificar la realización de este Documento según el Art. 8 del Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo, así como establecer como objetivo las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores que pudieran verse expuestos a riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

El contenido de este apartado podría ser el siguiente:

El objeto del presente DPCE es dar cumplimiento al Artículo 8 del **R.D. 681/2003**, en aquellas instalaciones susceptibles de tener riesgo de formación de atmósferas explosivas.

Es obligación del empresario que se realice y mantenga actualizado un **Documento de protección contra explosiones**, en el cual:

- Se determinan y evalúan los riesgos de explosión derivada de una atmósfera explosiva, para ello se determinan:
  - La probabilidad de formación y la duración de atmósferas explosivas.
  - La probabilidad de la presencia y activación de fuentes de ignición.
  - Las instalaciones, las sustancias empleadas y los procesos industriales.
  - Las proporciones de los efectos previsibles.
- Se determinan las medidas adoptadas para garantizar el cumplimiento de los objetivos del **R.D. 681/2003**.
- Se clasifican las áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas en zonas, de conformidad con el Anexo I del **R.D 681/2003**.
- Se definen las áreas en las que será de aplicación los requisitos mínimos establecidos en el Anexo II del **R.D. 681/2003**.

Este documento presenta las medidas de protección adoptadas para prevenir, mitigar y proteger contra las explosiones, incidiendo sobre los anteriores factores para minimizar su posible coexistencia.

Las medidas adoptadas siempre darán prioridad a evitar la formación de atmósferas explosivas. Si ello no fuera posible, se adoptarán medidas adicionales encaminadas a:

- Evitar la ignición de las atmósferas explosivas.
- Atenuar los efectos de una eventual explosión.
- Aplicar sistemas de control de procesos.
- Implantar sistemas organizativos para la protección contra explosiones.

### 1.1.3. Referencias legales y normativa asociada

Las normativas de referencia y aplicación en la elaboración de Documentos de Protección Contra Explosiones, son al menos:

- **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- **R.D. 681/2003** sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- **R.D. 400/1999** relativa a Aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.
- **ITC BT 29**, prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión.
- **Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo**. R.D. 681/2006, de 12 de junio.
- **UNE-EN-60079-10:2004** Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 10. Clasificación de emplazamientos peligrosos.
- **UNE 202007:2006 IN** Guía de aplicación de la Norma UNE-EN 60079-10. Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Clasificación de emplazamientos peligrosos.
- **UNE EN 1127-1:2008** Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: Conceptos básicos y metodología.
- **UNE-EN 61241-0** Material eléctrico para uso en presencia de polvo inflamable. Parte 0: Requisitos generales. (IEC 61241-0:2004, modificada+Corrigendum 1:2005).
- **UNE-EN 61241-10** Material eléctrico para uso en presencia de polvo combustible. Parte 10: Clasificación de emplazamientos en donde están o pueden estar presentes polvos combustibles.
- **CEI 31-56** Costruzioni per atmosfere esplosive per la presenza di polveri combustibili. guida all'applicazione della norma CEI en 61241-10 (CEI 31-66) "classificazione delle aree dove sono o possono essere presenti polveri esplosive".

Se incluirá además la normativa específica de la actividad así como así como las normas UNE aplicables a la misma.



### 3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS Y/O ACTIVIDADES Y DIAGRAMA DE PROCESO

En este apartado deberían aparecer los siguientes datos:

- Descripción de las instalaciones.
- Diagrama de flujo.
- Esquema de ubicación de instalaciones.
- Equipos característicos.
- Descripción del proceso industrial.
- Descripción de las etapas de proceso (arranque, parada).
- Datos de diseño y funcionamiento (temperatura, presión, volumen, frecuencia de giro, rendimiento, carburante,...).
- Trabajos de limpieza: tipo (aspiración, barrido...), envergadura (total o parcial) y frecuencia (diaria, semanal...).
- Datos sobre el sistema de ventilación del local (natural y/o forzada).
- Posibles anomalías.

## 4. DESCRIPCIÓN DE LAS SUSTANCIAS UTILIZADAS Y SUS PARÁMETROS DE EXPLOSIVIDAD

En este apartado se debe realizar un análisis para determinar las distintas sustancias que originan o pueden originar mediante reacciones químicas previsibles, gases, nieblas, vapores o polvos inflamables, una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa (y por tanto a una clasificación de zonas y posterior evaluación de riesgos).

Estas sustancias pueden ser tanto **materias primas** como **productos intermedios, finales o subproductos** anexos al proceso productivo.

### ¿Cómo identificar qué sustancias pueden originar una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa?

Las sustancias susceptibles de formar una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa son sustancias **inflamables** y/o **combustibles**.

Para que se pueda formar una atmósfera explosiva por gases, vapores o nieblas, es preciso que la sustancia potencialmente peligrosa se encuentre por encima de su **punto de inflamabilidad**. En el caso de polvo, por encima de la temperatura mínima de inflamación en nube (**TMin**) o la temperatura mínima de inflamación en capa (**TMic**).

### ¿Cómo puedo identificar sustancias inflamables y/o combustibles?

Se puede identificar las sustancias inflamables a través de:

- Fichas de Datos de Seguridad (FDS) que debe entregar el proveedor o fabricante de la sustancia.
- Bases de datos de reconocido prestigio.

#### A. Fichas de datos de seguridad (FDS)

Un producto se considera **inflamable** si en el **punto 15** de la Ficha de Datos de Seguridad aparecen uno de los siguientes pictogramas o frases R.



R10 Inflamable  
R11 Fácilmente inflamable  
R12 Extremadamente inflamable

F → Fácilmente Inflamable

F+ → Extremadamente Inflamable

En el punto **9** de la FDS se describen las características físicas y químicas del producto, entre ellas el punto de inflamabilidad y los límites de explosividad, datos importantes para caracterizar la posible formación de atmósferas explosivas potencialmente peligrosas.

## B. Bases de datos de reconocido prestigio

### B.1 GASES O VAPORES

- Fichas Internacionales de Seguridad Química (FISQ) disponibles en el portal del INSHT.
- Listado de sustancias inflamables o combustibles y valores orientativos de sus características más significativas, incluido en el Anexo A del Informe UNE 202007:2006 IN. Guía de aplicación de la Norma UNE-EN 60079-10. Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Clasificación de emplazamientos peligrosos.

### B.2 POLVOS

- BIA-Report 13/97, Combustion and explosion characteristics of dusts. Disponible en:

<http://www.dguv.de/ifa/en/pub/rep/rep02/biar1397/index.jsp>

- GESTIS-DUST-EX database. Disponible en:

<http://www.dguv.de/bgia/en/gestis/expl/index.jsp>

A veces las Fichas de Datos de Seguridad, sobre todo en el caso de polvo, no contienen suficiente información por lo que se recomienda consultar siempre con bases de datos de reconocido prestigio.

## 4.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE EXPLOSIVIDAD DE LAS SUSTANCIAS

### 4.1.1. GASES O VAPORES

Una vez identificadas las sustancias que pueden generar una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa se cumplimentará la siguiente tabla con las características de los gases o vapores identificados (Norma UNE 60079-10:2004 Lista y características de sustancias inflamables).

GASES Y/O VAPORES											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nº	Sustancia inflamable		Punto de inflamabilidad °C	LIE		Volatilidad <sup>(1)</sup>		Densidad relativa del gas o vapor respecto al aire	Temperatura de ignición °C	Grupo y clase de temperatura <sup>(2)</sup>	Cualquier información y observaciones importantes
	Nombre	Composición		Kg/m <sup>3</sup>	Vol. %	Tensión de vapor 20 °C kPa	Punto de ebullición °C				

1) Normalmente se facilita el valor de la tensión de vapor, pero, en caso de desconocerlo, se puede usar el punto de ebullición.  
 2) Por ejemplo IIBT

- 1 **Nº** de sustancia identificada.
- 2 **Nombre** de la sustancia identificada.
- 3 **Composición** química de la sustancia.
- 4 **Punto de inflamabilidad o destello**: La temperatura más baja del líquido a la que, bajo ciertas condiciones normalizadas, el líquido desprende vapores en cantidad tal que puede originar la formación de una mezcla vapor / aire inflamable.

En general, en caso de poder garantizar que la temperatura se encuentra siempre por debajo del punto de inflamabilidad no será posible la formación de una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa.

Hay que tener en cuenta que el punto de inflamabilidad se calcula en condiciones **normalizadas** (presión, ventilación...) que no tienen porqué coincidir con las condiciones reales a las que se encuentra la sustancia inflamable en la instalación.

- 5 **LIE (kg/m<sup>3</sup>)**: Es el límite inferior del intervalo de concentraciones de la sustancia en el aire, para el que la mezcla es explosiva en kg/m<sup>3</sup>.
- 6 **LIE (vol%)**: Es el límite inferior del intervalo de concentraciones de la sustancia en el aire, para el que la mezcla es explosiva en % en volumen.

Para que se forme una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa es preciso que la sustancia inflamable se mezcle con el aire. Para cada sustancia existe un intervalo de concentraciones en el que la mezcla aire – sustancia genera una atmósfera explosiva. El LIE (Límite Inferior de Explosividad) indica la cantidad mínima de sustancia que se debe mezclar con el aire para formar una atmósfera explosiva y el Límite Superior de Explosividad (LSE) el valor por encima del cual hay demasiada sustancia para formar una atmósfera explosiva.

Para evitar la formación de una atmósfera explosiva hay que garantizar que la concentración de sustancia peligrosa permanezca por debajo del LIE.

El LSE no se incluye en la tabla porque para evitar la formación de una atmósfera explosiva no es posible garantizar que siempre se va a tener una concentración superior de sustancia a la que indica este valor.

- 7 **Tensión de vapor a 20°C**: Presión existente cuando un sólido o líquido está en equilibrio con su propio vapor. Es función de la sustancia y de la temperatura.

- 8 **Punto de ebullición:** Es la temperatura de un líquido hirviendo a una presión ambiente de 101,3kPa.
- 9 **Densidad relativa del gas o vapor con respecto al aire:** Relación entre la densidad de un gas o de un vapor y la densidad del aire en las mismas condiciones de presión y temperatura.

La densidad relativa del gas afecta a la extensión de la atmósfera explosiva, dado que si el gas es más ligero que el aire tiende a elevarse, y si es más pesado tenderá a acumularse en el suelo.

- 10 **Temperatura de ignición:** Temperatura más baja de una superficie caliente a la cual, bajo las condiciones especificadas, se produce la ignición de una sustancia inflamable en forma de una mezcla de gas o vapor con el aire.
- 11 **Grupo y clase de temperatura:** Clasificación de material eléctrico para atmósferas explosivas fundadas sobre su temperatura máxima de superficie.

**Grupo de material:** Parámetro que marca la sensibilidad de la sustancia a la iniciación de la explosión por arco eléctrico o por llama. Clasificándose en subgrupos. Esta clasificación se aplica a los aparatos del Grupo II, destinados a ser utilizados en atmósferas explosivas de gas o vapor.

<b>Subgrupo IIA</b>	0,8 < CMI	0,9 < IEMS	ref. Metano EMI=250
<b>Subgrupo IIB</b>	0,45 < CMI < 0,8	0,5 < IEMS < 0,9	ref. Etileno EMI=96
<b>Subgrupo IIC</b>	CMI < 0,45	IEMS < 0,5	ref. Hidrógeno EMI=20

**Clase de temperatura:** Parámetro que marca la sensibilidad de la sustancia a la iniciación de la explosión por contacto con una superficie caliente. De esta manera los equipos se clasifican en Clases Térmicas.

Clase de Temperatura	Temperatura Superficial Máxima
T1	450 °C
T2	300 °C
T3	200 °C
T4	135 °C
T5	100 °C
T6	85 °C

#### 4.1.2. POLVOS

POLVOS COMBUSTIBLES								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nº	Nombre	TMI <sub>c</sub> (°C)	TMI <sub>n</sub> (°C)	CME (g/m <sup>3</sup> )	EMI (mJ)	PME (Bar)	VMAP (Bar*m/s)	K <sub>ST</sub>

- 1 **Nº** de sustancia identificada.
- 2 **Nombre** de la sustancia identificada.
- 3 **TMI<sub>c</sub> (Temperatura mínima de inflamación en capa)**: Es la menor temperatura a la que se inicia el proceso de ignición de una muestra de polvo depositada sobre una superficie caliente.
- 4 **TMI<sub>n</sub> (Temperatura mínima de inflamación en nube)**: Temperatura mínima a la que se produce la inflamación de una nube de polvo dispersada bajo condiciones de ensayo.

La temperatura mínima de inflamación condiciona la temperatura superficial de los equipos.

En la selección de los equipos en contacto con polvo, se recomienda el empleo del menor valor de:  $2/3 TMI_n$  ó  $TMI_c - 75$  °C.

- 5 **CME (Concentración Mínima Explosiva)**: Límite inferior de concentración de las mezclas de polvo y aire, a partir de la cual es posible la propagación de una llama y el desarrollo de una explosión.
- 6 **EMI (Energía Mínima de Ignición)**: La EMI es la energía mínima puesta en juego por un foco de ignición capaz de provocar la deflagración de la nube de polvo.

Da la idea de qué fuentes de ignición son capaces de iniciar la explosión, en sólidos acostumbra a ser del orden de 1mJ a 1.000mJ.

- 7 **PME (Presión Máxima de Explosión):** Máxima Presión obtenida en un recipiente cerrado durante la explosión de una atmósfera explosiva, en condiciones de ensayo determinadas.
- 8 **VMAP (Velocidad Máxima de Aumento de Presión):** Valor máximo del incremento de presión por unidad de tiempo, obtenido en un recipiente cerrado durante las explosiones de todas las atmósferas explosivas en el rango de explosividad de la sustancia combustible en condiciones de ensayo determinadas.
- 9 **K<sub>st</sub> (Constante Característica Polvo Combustible):** Constante característica de cada tipo de polvo combustible, que se emplea para establecer una clasificación de la explosividad del polvo en cuatro categorías o clases de explosión diferentes.

CONSTANTE CARACTERÍSTICA POLVO COMBUSTIBLE (Kst)		
Clase de exposición de polvo	Kst (bar.m.s-1)	Explosividad
St 0	0	Nula
St 1	0 < Kst < 200	Débil o moderada
St 2	200 < Kst < 300	Fuerte
St 3	Kst > 300	Muy fuerte

Da una idea de a qué velocidad reacciona una sustancia, siendo un valor más elevado sinónimo de mayor riesgo.

Para el polvo, las tablas de datos de seguridad sólo se utilizan a título de orientación, porque los valores dependen de la repartición granulométrica y de la forma de las partículas, del contenido de humedad y de la presencia de aditivos, incluso en pequeñas proporciones.

Para una aplicación específica, se deberían ensayar muestras del polvo (existen laboratorios oficiales), y utilizar los datos obtenidos para la identificación del peligro.

## 5. EVALUACIÓN DE RIESGOS (SISTEMA/METODOLOGÍA EMPLEADOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS)

El contenido de este apartado debe dar respuesta al artículo 4 del **R.D. 681/2003**:

*Artículo 4. Evaluación de los riesgos de explosión.*

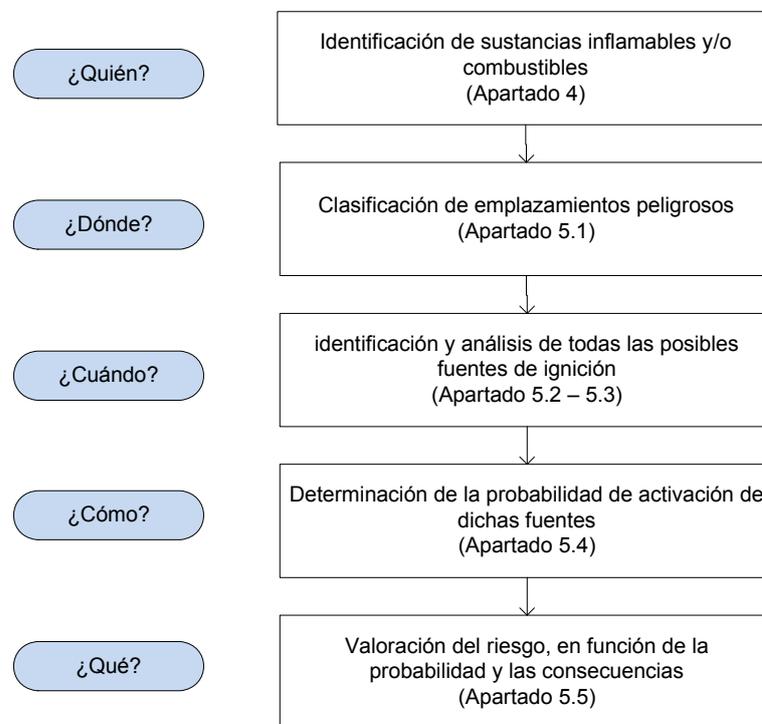
*1. En cumplimiento de las obligaciones establecidas en los artículos 16 y 23 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en la sección 1.ª del capítulo II del Reglamento de los Servicios de Prevención, el empresario evaluará los riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas, teniendo en cuenta, al menos:*

- a) La probabilidad de formación y la duración de atmósferas explosivas.*
- b) La probabilidad de la presencia y activación de focos de ignición, incluidas las descargas electrostáticas.*
- c) Las instalaciones, las sustancias empleadas, los procesos industriales y sus posibles interacciones.*
- d) Las proporciones de los efectos previsibles.*

*Los riesgos de explosión se evaluarán globalmente.*

Para que se produzca una explosión es preciso que se forme una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa y que se produzca su ignición mediante una fuente efectiva.

Una vez identificado quién puede dar lugar a una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa (qué sustancias inflamables y/o combustible), se deben definir los lugares dónde es posible que se formen dichas atmósferas ATEX (mediante la clasificación de los emplazamientos peligrosos), cuándo es posible que se produzca la explosión (identificación y análisis de todas las posibles fuentes de ignición, material eléctrico – mecánico), cómo (determinación de la probabilidad de activación de las fuentes de ignición) y qué ocurrirá (valoración del riesgo).



## 5.1. CLASIFICACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS PELIGROSOS

Se considera que todas las sustancias inflamables y/o combustibles definidas en el [apartado 4](#) son capaces de formar atmósferas explosivas a no ser que el análisis de sus propiedades físicas y químicas demuestre lo contrario.

### ¿Cuándo se puede formar una atmósfera explosiva?

Para que se forme una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa es preciso que la sustancia inflamable y/o combustible, en forma de gas, vapor, niebla o polvo se **mezcle con el aire**. Esto ocurre cuando la sustancia peligrosa se libera al ambiente de trabajo bien por una fuga o bien en el interior de almacenamientos o equipos que se encuentran en [condiciones atmosféricas](#) y con aire en su interior.

### ¿Dónde se puede formar una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa?

Se puede formar una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa en un emplazamiento peligroso.

Un **emplazamiento peligroso** es un emplazamiento en el que hay o puede haber presente una atmósfera explosiva por presencia de gas o polvo, en cantidad suficiente como para requerir precauciones especiales en la construcción, instalación y utilización de aparatos.

Una **fuentes de escape** (FE) es un punto o una parte de la instalación desde la cual puede ser emitida a la atmósfera una sustancia inflamable y/o combustible de tal forma que se pueda originar una atmósfera explosiva. En el caso de polvo es preciso tener en cuenta que, una fuente pequeña o difusa con el tiempo es capaz de producir una capa de polvo potencialmente peligrosa.

Normalmente las fugas se presentan en actividades operativas, de carga, de transporte y de mantenimiento.

Es importante considerar como posibles fuentes de escape las **aberturas** entre emplazamientos.

A continuación se muestra una tabla con los diferentes tipos de escape en función del fluido emitido y la velocidad a la que se produce el escape:

MODALIDAD DE ESCAPE		
FLUIDO EMITIDO	Tasa de escape y cantidad de movimiento relativa	Modalidad de dispersión
	Gas o vapor	Alta
Baja		Neblina de gas o vapor
Líquido que no evapora en el escape	Alta	Chorro de líquido que es lanzado lejos y al caer forma un charco, distante del punto de escape, desde donde se
	Baja	Hilillo o gotas que caen al suelo y forman un charco desde el que se produce la evaporación
Líquido que evapora en el escape	Alta	Chorro de vapor y niebla que evapora durante su caída al suelo
	Baja	Rastro de líquido en evaporación durante su caída y que forma un charco desde el que se produce una rápida evaporación

Ejemplos de fuente de escape:

- Fallo en juntas de bridas.
- Rotura de los sellos en compresores.
- Fugas por el vástago en válvulas.
- Venteos.
- Fugas a través de la abertura en puntos de drenaje y toma de muestras.
- La superficie de un líquido inflamable en un tanque de techo fijo con un venteo permanente en la atmósfera.
- La superficie de un líquido inflamable que está abierto a la atmósfera continuamente o por largos períodos.
- Las partes de los sistemas cerrados de proceso que se abren (por ejemplo, durante un cambio de filtros o una carga de producto).

Si un equipo no contiene sustancias inflamables ni combustibles, no origina a su alrededor zona alguna. Lo mismo ocurre si al no existir fuentes de escape la sustancia inflamable y/o combustible no puede fugarse a la atmósfera.

Las situaciones catastróficas (rotura de una tubería soldada o de las paredes de un depósito) quedan fuera del ámbito de aplicación del Documento de Protección Contra Explosiones.

## ¿Cómo se pueden clasificar los escapes?

La Norma UNE 60079-10 establece tres grados de escape: continuo, primario y secundario, en relación con la probabilidad que tenga de producirse y por tanto de presencia de atmósfera explosiva de volumen no despreciable alrededor de la Fuente de Escape.

**Grado de escape continuo:** escape continuo o que se produce durante largos periodos.

**Grado de escape primario:** escape que se produce periódicamente u ocasionalmente durante el funcionamiento normal.

**Grado de escape secundario:** escape que no está previsto durante el funcionamiento normal y que si se produce es probable que ocurra infrecuentemente y durante breves periodos.

Un escape o una Fuente de Escape pueden ser representativos de otros escapes o de varias Fuentes de Escape homogéneas si representa el peor caso en cuanto a cantidad y características de las sustancias emitidas, características constructivas de la Fuente de Escape, funcionamiento, caudal, duración y frecuencia de escape y características de la ventilación del ambiente (grado y disponibilidad). En este caso, las zonas peligrosas pueden ser establecidas sólo para el escape o Fuente de Escape representativa, considerando la simultaneidad de escapes y su mutua influencia.

## IDENTIFICACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS PELIGROSOS

Se debe realizar un análisis exhaustivo de de cada parte del proceso productivo en los que intervienen sustancias inflamables y/o combustibles que puedan formar atmósferas explosivas potencialmente peligrosas, así como de las distintas situaciones (puesta en marcha / paro funcionamiento normal, operaciones de limpieza, almacenamiento...) y definir las posibles fuentes de escape en cada situación.

### 5.1.1. Clasificación de emplazamientos peligrosos para GASES

Una vez identificados los emplazamientos peligrosos se cumplimentará la siguiente lista de fuentes de escape (Norma UNE 60079-10:2004).

Se recomienda elaborar una tabla independiente por cada zona o proceso objeto de estudio.

CLASIFICACIÓN DE ZONAS															
1	2	3	4	5	6	7	8			9	10	11	12	13	
Fuentes de escape		Sustancia combustible			Ventilación			Emplazamiento peligroso					Cualquier información y observaciones importantes		
Nº	Descripción	Localización	Grado de escape <sup>a</sup>	Referencia <sup>b</sup>	Temperatura y presión de operación		Estado <sup>c</sup>	Tipo <sup>d</sup>	Grado	Disponibilidad	Tipo de zona 0-1-2	Extensión de la zona <sup>m</sup>		Referencia	
					°C	kPa						Vertical			Horizontal

a C-Continuo; S-Secundario; P-Primario

b Indica el número en la lista del [apartado 4](#)

c G-Gas; L-Líquido; GL-Gas licuado; S-Sólido

d N-Natural; A-Artificial

- 1 **Nº** de la fuente de escape identificada.
- 2 **Descripción** de la fuente de escape.
- 3 **Localización** de la fuente de escape.
- 4 **Grado de escape.** Continuo, primario o secundario.

GRADOS DE ESCAPE		
Fuente	Definición	Ejemplos
	<b>Grado de escape CONTINUO:</b> Es un escape que se produce de forma continua o presumiblemente durante largos períodos.	La superficie de un líquido inflamable en un depósito abierto a la atmósfera o de techo fijo sin gas inerte, separadores aceite-agua, venteos libres a la atmósfera, etc.
	<b>Grado de escape PRIMARIO:</b> Es un escape que se produce presumiblemente de forma periódica u ocasionalmente durante el funcionamiento normal.	Sellos de bombas, compresores y válvulas donde se prevé fugas en condiciones normales, drenajes en recipientes que contienen líquidos inflamables, tomas de muestra de tanques, reactores de sustancias inflamables, etc.
	<b>Grado de escape SECUNDARIO:</b> Es un escape que no se prevé en funcionamiento normal y si se produce es probable que ocurra infrecuentemente y en períodos de corta duración.	Bridas, uniones, sellos y otros accesorios donde <b>NO</b> se esperan fugas en condiciones normales.

- 5 **Referencia.** Indica el número de la sustancia identificada en la tabla elaborada en el capítulo anterior de "[identificación de las características de explosividad de las sustancias](#)".
- 6 **Temperatura y presión de operación.** La clasificación de emplazamientos con peligro de explosión está condicionada a las **características ambientales** (temperatura y presión); se necesita por tanto identificar, donde proceda, las diferentes condiciones ambientales que puedan estar presentes en el lugar objeto de estudio, entendiendo por ambiente a una parte del espacio en la cual existen condiciones de ventilación unívocamente definibles.
- 7 **Estado físico** en el que se encuentra la sustancia:

- **G:** Gas.
- **L:** Líquido.
- **GL:** Gas licuado.
- **S:** Sólido.

8 **Ventilación – Tipo:** La ventilación es el movimiento del aire y su renovación por aire fresco originado por el viento, por el gradiente de temperatura (**N:** Natural) o por medios artificiales (**A:** Artificial).

**Ventilación – Grado:** El grado de ventilación es indicativo de la cantidad de aire de ventilación que accede a la Fuente de Escape en relación con la cantidad de sustancia inflamable emitida al ambiente; esta relación puede ser tal que atenúe en gran medida la presencia de atmósfera explosiva y reduzca o no el tiempo de persistencia de la misma al cesar el escape. Se clasifica en 3 niveles:

- **Ventilación Alta (VA):** Capaz de reducir casi instantáneamente la concentración en la fuente de escape por debajo del Límite Inferior de Explosividad (LIE).
- **Ventilación Media (VM):** Capaz de controlar la dispersión, manteniendo una situación estable, con una concentración inferior al Límite Inferior de Explosividad (LIE) más allá de la zona confinada, mientras el escape se está produciendo. Cuando el escape cesa, la atmósfera explosiva no persiste durante mucho tiempo.
- **Ventilación Baja (VB):** No puede controlar la concentración durante el escape o cuando éste ha cesado es incapaz de evitar la permanencia de la atmósfera explosiva durante bastante tiempo.

**Ventilación – Disponibilidad:** Expresa el nivel de disponibilidad del grado de ventilación considerado. Se clasifica en 3 niveles:

- **Muy Buena:** La ventilación se mantiene de forma prácticamente continua. Una ventilación muy buena requiere que en caso de avería arranque automáticamente un sistema alternativo de ventilación o bien que se adopten medidas para evitar el escape (parada automática del proceso).
- **Buena:** La ventilación se mantiene en operación normal de forma prácticamente continua, pudiendo presentarse cortes poco frecuentes y de corta duración.
- **Mediocre:** La ventilación no puede catalogarse de disponibilidad Muy Buena o Buena.

- 9 **Tipo de zona:** Los emplazamientos peligrosos se clasifican en zonas en función de la frecuencia y duración de la atmósfera explosiva.

CLASIFICACIÓN ZONAS ATEX (R.D. 681/2003)			
Sustancia que origina la zona	Tipo de zona	Definición	Ejemplos
Gas, vapor o niebla	0	Área de trabajo en la que una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla está presente de modo permanente, o por un período de tiempo prolongado, o con frecuencia.	Interior de tanques y recipientes que contengan sustancias inflamables en condiciones atmosféricas.
	1	Área de trabajo en la que es probable, en condiciones normales de explotación, la formación ocasional de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla.	Operaciones de carga y descarga de recipientes que contengan sustancias inflamables. Respiraderos de depósitos.
	2	Área de trabajo en la que no es probable, en condiciones normales de explotación, la formación de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla o en la que, en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo permanece durante breves períodos de tiempo.	Derrame durante las operaciones de carga y/o descarga de recipientes que contengan sustancias inflamables. Fallo en bridas, válvulas y elementos de unión.

La probabilidad de presencia de una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa y por tanto el tipo de zona, depende principalmente del grado de escape y de la ventilación.

Normalmente un grado de escape continuo genera una zona 0, un escape de grado primario genera una zona 1 y, un escape de grado secundario genera una zona 2. La ventilación es el factor que puede alterar esta correspondencia. Por ejemplo una mala ventilación o ausencia de la misma podría conducir a un empeoramiento de la zona (de zona 2 a zona 1) o, a la inversa, una muy buena ventilación podría dar lugar a una mejora de la zona (de zona 1 a zona 2).

A continuación se muestra una tabla donde se resume la relación entre el grado de escape y la ventilación en la clasificación de zonas.

### Influencia de la ventilación sobre los tipos de zonas

GRADO DE ESCAPE	GRADO DE VENTILACIÓN						
	ALTO			MEDIO			BAJO
	Disponibilidad de la ventilación						
	Muy buena	Buena	Mediocre	Muy buena	Buena	Mediocre	Muy buena, buena o mediocre
<b>Continuo</b>	Zona 0 ED (1) emplazamiento no peligroso	Zona 0 ED (1) + Zona 2 (3)	Zona 0 ED (1) + Zona 1 (3)	Zona 0	Zona 0 + Zona 2 (3)	Zona 0 + Zona 1 (3)	Zona 0
<b>Primario</b>	Zona 1 ED (1) emplazamiento no peligroso	Zona 1 ED (1) + Zona 2 (3)	Zona 1 ED (1) + Zona 2 (3)	Zona 1	Zona 1 + Zona 2 (3)	Zona 1 + Zona 2 (3)	Zona 1 o Zona 0 (2)
<b>Secundario</b>	Zona 2 ED (1) emplazamiento no peligroso	Zona 2 ED (1) + emplazamiento no peligroso	Zona 2 ED (1) (4)	Zona 2	Zona 2 (4)	Zona 2 (4)	Zona 1 o también Zona 0 (2)

“+” significa “rodeado por”

- (1) Zona 0 ED, 1ED o 2ED indican una zona teórica donde, en condiciones normales, la extensión es despreciable.
- (2) Es zona 0 si la ventilación es tan débil y el escape es tal que existe una atmósfera explosiva prácticamente de forma permanente (es decir, se está próximo a una situación de ausencia de ventilación).
- (3) La zona está determinada con la ventilación residual presente en los periodos de tiempo en los que llega a faltar la ventilación supuesta (Cuando el grado de la ventilación es “ALTO” la zona podría ser de extensión despreciable).
- (4) Cuando existe la posibilidad de escapes de grado secundario en los periodos de tiempo en los que llega a faltar la ventilación supuesta, además de la zona 2 determinada con la ventilación supuesta, debe ser prevista otra adicional considerando la ventilación residual.

#### 10-11 Extensión de la zona:

Se puede determinar la extensión de la zona clasificada de 3 maneras diferentes:

- A. De forma experimental (Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. R.D. 681/2006, de 12 de junio)

Consiste en realizar mediciones de la concentración de la sustancia inflamable potencialmente peligrosa en el ambiente.

Solamente es útil en zonas 1 originadas por operaciones concretas que se puedan reproducir, en este caso la extensión de la zona se consideraría desde la Fuente de Escape hasta que el resultado de las mediciones quede como criterio de seguridad por debajo del 25% del Límite Inferior de Explosividad de la sustancia en estudio (UNE 1127-1).

En el caso de zonas 0 que habitualmente están confinadas se clasifica todo el interior del equipo por lo que no es preciso medir y en el caso de zonas 2, no es posible medir ya que se trata de situaciones que no es probable que se den en condiciones normales con lo que no es probable se trate de condiciones reproducibles.

#### B. Mediante la aplicación de normativa específica.

Bien mediante legislación de referencia o bien mediante normas de reconocido prestigio. Por ejemplo:

- Clasificación de zonas en estaciones de servicio según: **MI-IP-04** " Instalaciones fijas para distribución al por menor de carburantes y combustibles petrolíferos en instalaciones de venta al público"
- Clasificación zonas en cabinas de pintura según: **UNE-EN 13355:2005** "Instalaciones de recubrimiento. Cabinas combinadas. Requisitos de seguridad."
- Clasificación de zonas en máquinas de limpieza que emplean líquidos de limpieza inflamables según: **UNE-EN 12921-3:2005** "Máquinas para la limpieza superficial y pretratamiento de piezas industriales que utilizan líquidos o vapores. Parte 3: Seguridad de las máquinas que utilizan líquidos de limpieza inflamables."

#### C. Mediante cálculos teóricos.

En la Norma **UNE-EN-60079-10:2004** Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 10. Clasificación de emplazamientos peligrosos y su Guía de aplicación **UNE 202007:2006 IN**, se describen los cálculos teóricos necesarios para determinar la extensión de las zonas clasificadas y el grado de ventilación.

Los parámetros que se utilizan para determinar la extensión de zonas son los siguientes:

-  $Q_{vmin}$  (caudal mínimo teórico de ventilación necesario para diluir un escape dado de una sustancia inflamable hasta una concentración por debajo del LIE) que es función de la máxima tasa de escape para el gas, el LIE (Límite Inferior de Explosividad), la Temperatura ambiente y un factor de corrección de seguridad en función del grado de escape.

-  $V_z$  el volumen peligroso teóricamente calculado a partir del parámetro anterior y las características de ventilación del emplazamiento (factor de ventilación y renovaciones/hora del emplazamiento).

- Tiempo de permanencia de la atmósfera explosiva potencialmente peligrosa, **tp**

Para definir la forma de la zona clasificada se emplean fórmulas de mecánica de fluidos que vienen recogidas en dicha guía.

12     **Referencia.** Indica el número del emplazamiento peligroso clasificado.



- 1 **Nº** de la fuente de escape identificada.
- 2 **Descripción** de la fuente de escape.
- 3 **Localización** de la fuente de escape.
- 4 **Grado de escape.** Continuo, primario o secundario.

GRADOS DE ESCAPE		
Fuente	Definición	Ejemplos
	<p><b>Grado de escape CONTINUO:</b> Es un escape que se produce de forma continua o presumiblemente durante largos períodos.</p>	<p>El interior de equipos de proceso como molinos y mezcladoras.</p> <p>El interior de equipos en los cuales se introduce o forma polvo, como silos o tolvas.</p>
	<p><b>Grado de escape PRIMARIO:</b> Es un escape que se produce presumiblemente de forma periódica u ocasionalmente durante el funcionamiento normal.</p>	<p>Descarga de camiones.</p> <p>Los alrededores de una boca de llenado.</p> <p>El área situada en las proximidades de un punto de ensacado abierto.</p>
	<p><b>Grado de escape SECUNDARIO:</b> Es un escape que no se prevé en funcionamiento normal y si se produce es probable que ocurra infrecuentemente y en períodos de corta duración.</p>	<p>Puertas de inspección que deben ser abiertas de forma ocasional y durante un corto período de tiempo.</p> <p>Venteos que permanecen normalmente cerrados.</p>

- 5 **Referencia.** Indica el número de la sustancia identificada en la tabla elaborada en el capítulo anterior de "identificación de las características de explosividad de las sustancias".
- 6 **Aspiración - ventilación:** La ventilación es el movimiento del aire y su renovación por aire fresco originado por el viento. La aspiración (ventilación para la extracción de polvo combustible) supone la eliminación de polvo del ambiente puede ser localizada o general de la sala.

El polvo a diferencia de los gases o vapores no se diluye en el ambiente sino que se acumula en capas. La ventilación general no es aconsejable porque podría generar nubes de polvo desde los depósitos de polvo en capas.

- 7 **Tipo de zona:** Los emplazamientos peligrosos se clasifican en zonas en función de la frecuencia y duración de la atmósfera explosiva.

CLASIFICACIÓN ZONAS ATEX (R.D. 681/2003)			
Sustancia que origina la zona	Tipo de zona	Definición	Ejemplos
Polvo	20	Área de trabajo en la que una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire está presente de forma permanente, o por un período de tiempo prolongado, o con frecuencia.	Lugares dentro del contenedor de polvo. Interior de tolvas, silos, ciclones y filtros. Mezcladoras, molinos, secadores, equipos de ensacado...
	21	Área de trabajo en la que es probable la formación ocasional, en condiciones normales de explotación, de una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire.	Alrededor de contenedores de polvo y en al proximidad inmediata de puertas de acceso sometidas a frecuentes retiradas o aperturas por necesidad de la operación. Alrededor de contenedores de polvo donde se acumula polvo y donde, debido a las operaciones de proceso, la capa de polvo puede ser dispersada y formar nubes de polvo.
	22	Área de trabajo en la que no es probable, en condiciones normales de explotación, la formación de una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire o en la que, en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo permanece durante un breve período de tiempo.	Registros de inspección laterales de los silos, que se abren muy infrecuentemente. Almacenamiento de bolsas que contengan polvo, ya que pueden producirse fugas de polvo por ruptura de la bolsa durante su manipulación.

Normalmente la presencia continua de una nube de polvo genera una zona 20, un escape de grado primario genera una zona 21 y, un escape de grado secundario genera una zona 22. La presencia y duración de acumulaciones de polvo puede modificar la probabilidad de formación de atmósferas explosivas en función de las operaciones de **mantenimiento y limpieza**. Se pueden considerar tres niveles de actuación:

MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA	
Nivel de mantenimiento limpieza	Clasificación de zonas
Bueno	<p>Quedan capas de polvo de un espesor sin importancia o bien son inexistentes, cualquiera que sea la categoría del escape. Se elimina el riesgo de que se presenten nubes de polvo explosivas.</p> <p><b>No requiere clasificación de zonas.</b></p>
Regular	Las capas de polvo no son insignificantes pero tienen una vida corta (menos de un turno de trabajo).
Malo	Capas de polvo no insignificantes que persisten durante más tiempo que la duración de un turno de trabajo.

Según la probabilidad de que se produzca la dispersión en funcionamiento normal se establece la siguiente clasificación:

CLASIFICACIÓN DE ZONAS EN FUNCION DE LA DISPERSIÓN			
FUENTE DE ESCAPE	NUBES DE POLVO	CAPAS DE ESPESOR CONTROLABLE	
		Perturbaciones Frecuentes	Perturbaciones ocasionales
CONTINUA	20	21	22
PRIMARIA	21	21	22
SECUNDARIA	22	21	22

- 8 **Extensión de la zona:** Se define como la distancia, en todas direcciones, desde el borde de una fuente de escape de polvo hasta el punto en donde el riesgo asociado a esta zona está considerado como inexistente.

Se puede determinar la extensión de la zona clasificada de 3 maneras diferentes:

- A. De forma experimental, por **observación** del volumen de la nube de polvo (Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. R.D. 681/2006, de 12 de junio).

La extensión de la zona clasificada se determina por observación del volumen de la nube pulverulenta, teniendo en cuenta que la extensión de la zona clasificada abarcará también toda el área que ocupen las capas de polvo depositadas.

Este método, al igual que ocurre en atmósferas explosivas generadas por gases o vapores, solamente es aplicable en caso de que las nubes y/o capas de polvo estén presentes siempre o sea reproducible el posible escape (escapes continuos o primarios).

- B. Según la Norma UNE 61241-10.

La extensión de las zonas, aunque depende también de parámetros relativos al polvo (cantidad, caudal, granulometría, contenido en humedad...), debería ser de pequeña extensión. Es suficiente considerar una distancia de **1m** alrededor de la fuente de escape.

- C. Mediante cálculos teóricos (CEI 31-56 Costruzioni per atmosfere esplosive per la presenza di polveri combustibili. guida all'applicazione della norma CEI en 61241-10 (CEI 31-66) "classificazione delle aree dove sono o possono essere presenti polveri esplosive").

Los parámetros que utiliza para determinar la extensión de zonas son los siguientes:

- Presión interna del sistema de contención del polvo.
- Altura de la fuente de emisión.
- Caudal de emisión.
- Humedad del polvo combustible.
- Tipo de ambiente (cerrado o abierto).
- Velocidad de sedimentación del polvo.
- Velocidad del aire.
- Tamaño medio de las partículas.

9 **Referencia.** Indica el número del emplazamiento peligroso clasificado.

## 5.2. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE TODAS LAS POSIBLES FUENTES DE IGNICIÓN

Para que se produzca una explosión es preciso que coincidan una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa (caracterizadas en el apartado anterior) y una fuente de ignición efectiva.

Se debe comparar la capacidad de la fuente de ignición para producir la ignición con las propiedades de ignición de la sustancia inflamable y/o combustible:

- Energía Mínima de Ignición (EMI)
- Temperatura Mínima de Ignición en capa (TMlc)
- Temperatura Mínima de Ignición en nube (TMIn)

La Norma **UNE EN 1127** diferencia los siguientes focos de ignición:

TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN	
1	Superficies calientes
2	Llamas y gases calientes (incluyendo partículas calientes)
3	Chispas de origen mecánico
4	Material eléctrico
5	Corrientes eléctricas parásitas, protección contra la corrosión catódica
6	Electricidad estática
7	Rayo
8	Ondas electromagnéticas de radiofrecuencia (RF), de 104 Hz a 3 x 10 <sup>12</sup> Hz
9	Ondas electromagnéticas de 3 x 10 <sup>11</sup> Hz a 3 x 10 <sup>15</sup> Hz
10	Radiación ionizante
11	Ultrasonidos
12	Compresión adiabática y ondas de choque
13	Reacciones exotérmicas, incluyendo la autoignición de polvos

TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN	CONDICIONES DE APARICIÓN - EJEMPLOS	DESCRIPCIÓN
1 Superficies calientes	<p>Superficies calientes fácilmente reconocibles: calentadores eléctricos, radiadores, cabinas de secado, tuberías de vapor, material fundido, procesos en caliente...</p> <p>Otras: piezas de maquinaria, frenos y embragues a fricción (tanto de vehículos como de unidades de proceso), bujías y cojinetes dañados, materiales humeantes, soldaduras recientes...</p>	<p>Si una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa entra en contacto con una superficie caliente, puede producirse la ignición.</p> <p>No sólo la propia superficie caliente puede actuar como fuente de ignición, sino que una capa de polvo o sólido combustible en contacto con la superficie caliente e inflamada por ésta, puede actuar también como fuente de ignición.</p>
2 Llamas y gases calientes (incluyendo partículas calientes)	<p>Llamas desnudas: sopletes de soldadura, calentadores, encendedores...</p> <p>Gases de combustión: motores de combustión interna, vehículos...</p> <p>Las perlas de soldadura que se producen durante operaciones de oxicorte o soldeo, son chispas de superficie muy grande, y por tanto una de las fuentes de ignición más efectivas.</p>	<p>Las llamas están asociadas a reacciones de combustión a temperaturas superiores a 1.000°C.</p> <p>Como productos de la reacción se obtienen gases calientes y, en el caso de llamas de partículas sólidas y/o de llamas conteniendo hollín, se producen también partículas incandescentes. Las llamas, sus productos calientes de reacción y los gases a alta temperatura, pueden producir la ignición de una atmósfera explosiva. Las llamas, incluso las de pequeño tamaño, se encuentran entre las fuentes de ignición más efectivas.</p>

	TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN	CONDICIONES DE APARICIÓN - EJEMPLOS	DESCRIPCIÓN
3	Chispas de origen mecánico	<p>Al golpear herramientas metálicas entre sí, con otros metales, con hormigón...</p> <p>Choques en los que están implicados la herrumbre y metales ligeros (como aluminio y magnesio) y sus aleaciones.</p> <p>La entrada de materiales extraños (piedras o trozos de metal) en aparatos, sistemas de protección y componentes.</p> <p>La utilización de herramientas manuales puede ser origen de chispas con suficiente energía para inflamar una atmósfera explosiva.</p>	<p>Como resultado de operaciones de fricción, de choque y de abrasión, tales como el amolado, se pueden desprender partículas de los materiales sólidos y calentarse debido a la energía disipada en el proceso de separación. Si estas partículas se componen de sustancias oxidables, (hierro o acero), pueden sufrir un proceso de oxidación y alcanzar así temperaturas más elevadas.</p> <p>Estas partículas (chispas), pueden producir la ignición de gases y vapores combustibles y algunas mezclas polvo/aire (especialmente las mezclas polvo metálico/aire). En polvo depositado, las chispas pueden iniciar un fuego latente y éste puede ser la fuente de ignición de una atmósfera explosiva.</p>
4	Material eléctrico, arcos y chispas eléctricas	<p>Motores y equipos eléctricos en malas condiciones.</p> <p>Apagado y encendido de circuitos.</p> <p>Cortocircuitos por conexiones erróneas o por trabajos inadecuados.</p>	<p>La muy baja tensión (MBT, inferior a 50V), está concebida para la protección de personas contra choques eléctricos. Tensiones inferiores a 50V pueden producir energía suficiente para actuar de fuente de ignición. <b><u>(Los equipos eléctricos se estudian en el apartado siguiente).</u></b></p>

	TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN	CONDICIONES DE APARICIÓN - EJEMPLOS	DESCRIPCIÓN
5	Corrientes eléctricas parásitas, protección contra la corrosión catódica	<p>Fallos en instalaciones eléctricas.</p> <p>Corrientes de retorno en instalaciones generadoras de potencia, como trenes eléctricos y grandes instalaciones de soldadura.</p> <p>Efectos de inducción (cerca de instalaciones eléctricas con corrientes elevadas o transmisiones de radiofrecuencia elevadas).</p>	<p>Si las partes de un sistema capaz de conducir las corrientes parásitas se desconectan, se conectan o se puentean, se producen chispas eléctricas y/o arcos que pueden producir la ignición de una atmósfera explosiva. También se puede producir la ignición por el calentamiento de dichos caminos conductores, producido por la circulación de corriente.</p>
6	Electricidad estática	<p>Circulación de fluido por una tubería, transmisiones de correas, transporte neumático de materiales pulverulentos, cintas transportadoras, elevadores de canjilones, transporte de líquidos no conductores, flujo de gases por boquillas y/o contra objetos conductores, procesos de separación de materiales, transporte y trasvase de polvos y fibras, caminar sobre superficies aislantes, contacto simple con un material cargado estáticamente...</p>	<p>En condiciones determinadas, se pueden producir descargas de electricidad estática, en forma de chispas, capaces de producir la ignición de una atmósfera explosiva.</p>

TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN	CONDICIONES DE APARICIÓN - EJEMPLOS	DESCRIPCIÓN
7 Rayo	<p>Descarga de rayos.</p> <p>Corrientes transitorias asociadas a la descarga del rayo que originan calentamientos, descargas y chispas.</p> <p>Tormentas con ausencia de rayos: pueden inducir tensiones importantes en aparatos y equipos de protección.</p>	<p>Si el rayo descarga en una atmósfera explosiva, la ignición de producirá siempre. Además, también existe la posibilidad de ignición debido a la alta temperatura que alcanzan los elementos que conducen el rayo.</p>
8 Ondas electromagnéticas de radiofrecuencia (RF), de $10^4$ Hz a $3 \times 10^{12}$ Hz	<p>Todos los sistemas que producen y utilizan energías eléctricas de alta frecuencia o sistemas de alta frecuencia o sistemas de radiofrecuencia (emisores de radio, generadores RF médicos o industriales para calentamiento, secado, endurecimiento, soldeo, oxicorte...).</p>	<p>Todos los sistemas que producen y utilizan energías eléctricas de alta frecuencia emiten ondas electromagnéticas. Todas las partes conductoras situadas en el campo electromagnético se comportan como antenas receptoras. Si el campo es suficientemente potente y si la antena tiene dimensiones suficientes, dichas partes conductoras pueden producir la ignición de atmósferas explosivas.</p>

TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN	CONDICIONES DE APARICIÓN - EJEMPLOS	DESCRIPCIÓN
9 Ondas electromagnéticas de $3 \times 10^{11}$ Hz a $3 \times 10^{15}$ Hz	Botellas actuando como lentes, reflectores concentrando la radiación, fuentes luminosas intensas, dispositivos láser de medición a distancia...	<p>La radiación entre el infrarrojo y el ultravioleta cuando se concentra puede constituir una fuente de ignición a través de la absorción por atmósferas explosivas o por superficies sólidas, así como la convergencia de la radiación solar.</p> <p>Cualquier aparato, sistema de protección y componente que genera radiaciones puede ser una fuente de ignición por llamas y gases calientes y/o material eléctrico.</p>
10 Radiación ionizante	Medidores de espesores, contadores de partículas y gammagrafías.	<p>La radiación ionizante producida, a partir de radiación X y gamma (sustancias radiactivas), conducir a la ignición de atmósferas explosivas por absorción de energía. Además también puede calentar el medio debido a la absorción interna de la energía de radiación produciendo la ignición de atmósferas explosivas por superficies calientes.</p>

TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN		CONDICIONES DE APARICIÓN - EJEMPLOS	DESCRIPCIÓN
11	Ultrasonidos	<p>Medidores de caudal.</p> <p>En líquidos sometidos a ultrasonidos se forman cavidades que al colapsar producen altas temperaturas.</p>	<p>Cuando se utilizan ondas de ultrasonidos, una gran cantidad de la energía emitida por el emisor electroacústico se absorbe por sustancias sólidas o líquidas. La sustancia expuesta a ultrasonidos se calienta de manera que, en situaciones extremas, puede producir la ignición de atmósferas explosivas.</p>
12	Compresión adiabática y ondas de choque	<p>Ignición por compresión de nieblas de aceite de lubricación en compresores.</p> <p>Descarga brusca de gases a alta presión en redes de canalizaciones.</p> <p>Fugas de oxígeno pueden inflamar lubricantes, juntas de estanqueidad e incluso materiales.</p>	<p>La compresión adiabática tiene lugar sin intercambio de calor con el exterior, elevando la temperatura. La elevación de temperatura depende de la relación de presiones y no de la diferencia de presión.</p> <p>Se pueden alcanzar temperaturas suficientemente elevadas para producir la ignición de una atmósfera explosiva.</p>

TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN	CONDICIONES DE APARICIÓN - EJEMPLOS	DESCRIPCIÓN
13 Reacciones exotérmicas, incluyendo la autoignición de polvos	Reacciones de sustancias pirofosfóricas con el aire, de metales alcalinos con agua, autoignición de polvos inflamables, autocalentamiento de productos alimenticios debido a procesos biológicos, descomposición de peróxidos orgánicos, reacciones de polimerización.	Las reacciones exotérmicas pueden actuar como fuente de ignición por generación de temperaturas elevadas, cuando la velocidad de desprendimiento de calor es superior a la velocidad de evacuación del calor hacia el exterior.

### 5.3. CRITERIOS ESPECÍFICOS PARA LA EVALUACIÓN DEL MATERIAL ELÉCTRICO / MECÁNICO

Los equipos eléctricos y no eléctricos que se instalan en lugares donde se puede formar una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa, [zonas clasificadas](#), deben cumplir unos requisitos, obtener una certificación y ser marcados conforme a las disposiciones dictadas por el **R.D. 400/1996**:

#### Artículo 1.

*El presente Real Decreto se aplica a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.*

*2. Se aplica, asimismo, a los dispositivos de seguridad, control y reglaje destinados a utilizarse fuera de atmósferas potencialmente explosivas, pero que son necesarios, o que contribuyen al funcionamiento seguro de los aparatos y sistemas de protección, en relación con los riesgos de explosión.*

*3. A efectos del presente Real Decreto, se aplicarán las siguientes definiciones:*

*1ª Aparatos y sistemas de protección para uso en atmósfera potencialmente explosiva.*

*a) Se entenderá por aparatos las máquinas, los materiales, los dispositivos fijos o móviles, los órganos de control y la instrumentación, los 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 la fuentes potenciales de ignición que los caracterizan, pueden desencadenar una explosión.*

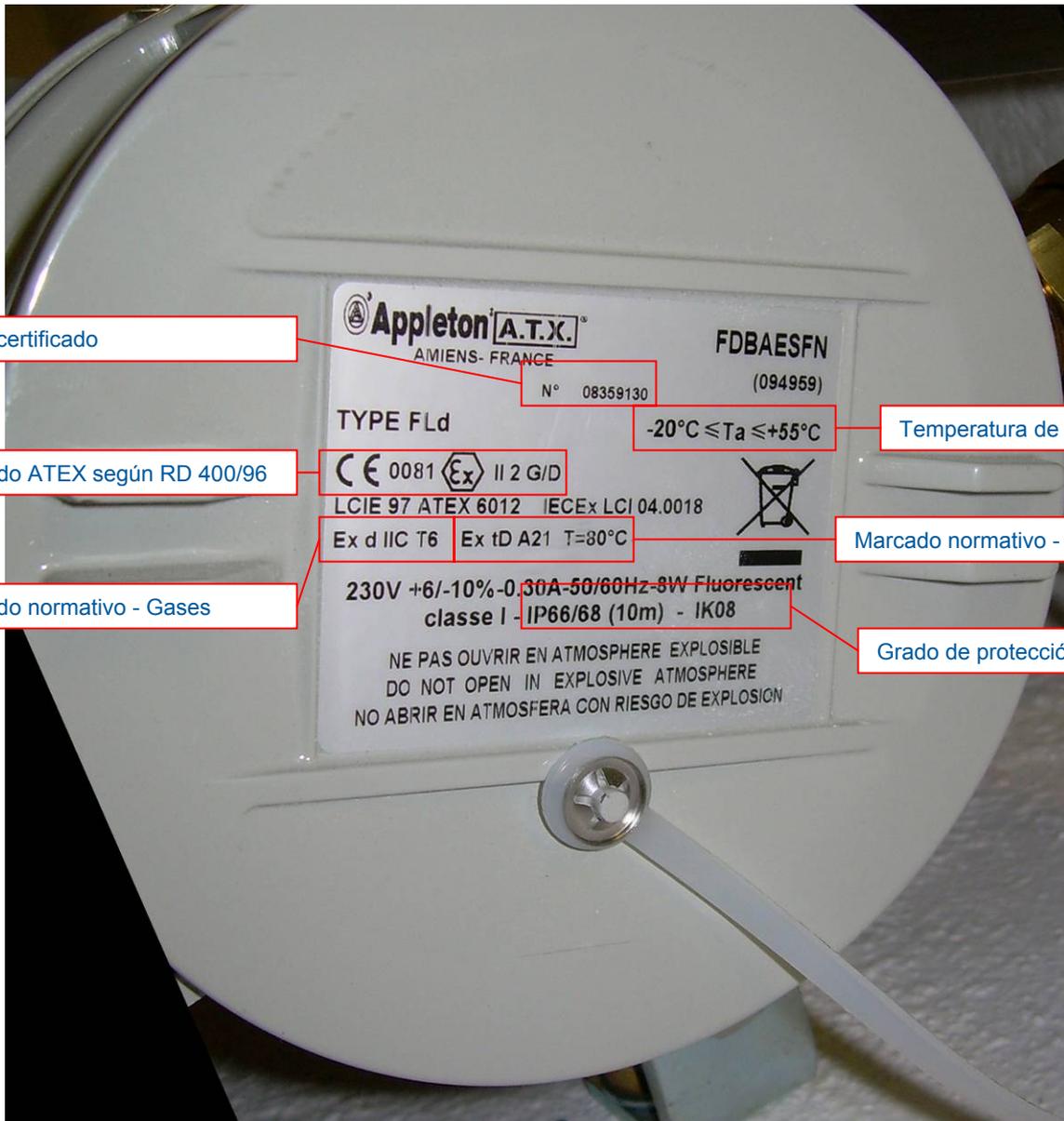
*b) Se entenderá por sistemas de protección los dispositivos, distintos de los componentes de los aparatos definidos anteriormente, cuya función es la de detener inmediatamente las explosiones incipientes y/o limitar la zona afectada por una explosión, y que se comercializan por separado como sistemas con funciones autónomas.*

*c) Se entenderá por «componentes» las piezas que son esenciales para el funcionamiento seguro de los aparatos y sistemas de protección, pero que no tienen función autónoma.*

Los equipos y sistemas de protección para atmósferas explosivas, se clasifican según diferentes criterios. Estas clasificaciones, al ir marcadas sobre los materiales, permiten una indicación más clara al usuario para su empleo seguro.

Tal y como se puede apreciar en el siguiente ejemplo, los equipos pueden llevar varios marcados, siendo obligatorios uno de conformidad con el **R.D. 400/1996** (para equipos posteriores a la entrada

en vigor del Real Decreto, [ver apartado 5.3.1](#)) y un segundo marcado normativo eléctrico, complementario del anterior ([Ver apartado 5.3.2](#)):



Nº de certificado

Marcado ATEX según RD 400/96

Marcado normativo - Gases

Nº 08359130

-20°C ≤ Ta ≤ +55°C

Temperatura de servicio

CE 0081 Ex II 2 G/D

Marcado normativo - Polvos

LCIE 97 ATEX 6012 IECEx LCI 04.0018

Ex d IIC T6 Ex tD A21 T=80°C

Grado de protección IP - IK

230V +6/-10%-0.30A-50/60Hz-8W Fluorescent  
clase I - IP66/68 (10m) - IK08

NE PAS OUVRIR EN ATMOSPHERE EXPLOSIBLE  
DO NOT OPEN IN EXPLOSIVE ATMOSPHERE  
NO ABRIR EN ATMOSFERA CON RIESGO DE EXPLOSION

**5.3.1. Marcado de conformidad con el R.D. 400/1996 (Aparatos y Sistemas de Protección para Uso en Atmosferas Potencialmente Explosivas)**

MARCADO DE EQUIPOS DE CONFORMIDAD CON EL R.D. 400/1996						
	Marca "CE"	Nº Org. Not.	Símbolo ATEX	Grupo	Categoría	Símbolo de uso
	-	1	-	2	3	4
Aparatos de uso en minería		XXXX		I	M1 M2	
Aparatos para usos industriales distintos a la minería		XXXX		II	1 2 3	G D G/D

1. **Nº Org. Not (XXXX):** Número de cuatro dígitos identificativo del organismo notificado de control que intervenga en la fase de control de la fabricación.

2. **Grupo (I o II):** Grupo al que pertenece el equipo:

I: 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 polvo combustible.

II: Compuesto por aquellos destinados al uso en otros lugares en los que puede haber peligro de formación de atmósferas explosivas.

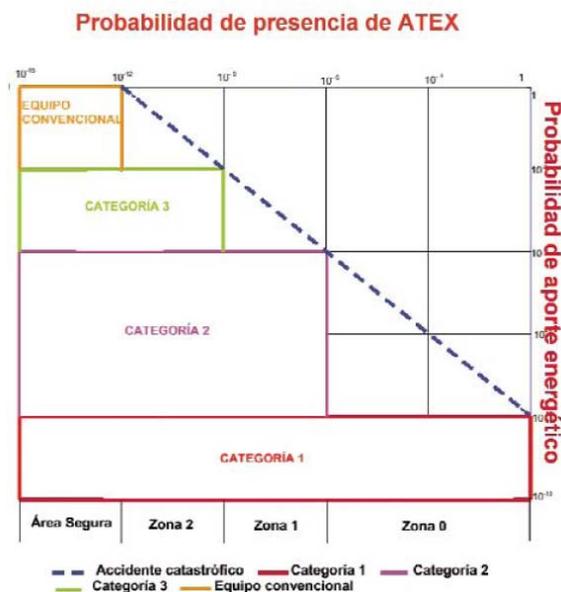
Desde el punto de vista de la utilización del equipo, el grupo al que pertenece dicho equipo es importante porque las pruebas de evaluación de conformidad se realizan en condiciones diferentes. De aquí en adelante, sólo se consideran los equipos del Grupo II ya que los trabajos en minas quedan fuera del R.D. 681/2003.

3. **Categoría (1, 2 o 3):** Clasificación en función de la probabilidad de que los equipos aporten una fuente de energía que desencadene la explosión:

**EQUIPOS DE GRUPO II**

	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3
<b>Nivel de protección</b>	<p><b>Nivel de protección muy alto</b></p> <p>Permanecen seguros en caso de Averías extraordinarias.</p> <p>Disponen de medios de protección tales que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En caso de fallo de uno de los medios de protección, al menos un segundo medio independiente asegure el nivel de protección requerido.</li> <li>- En caso de que se produzcan dos fallos independientes, esté asegurado el nivel de protección requerido.</li> </ul>	<p><b>Nivel de protección alto.</b></p> <p>Aseguran el nivel de protección, aún en caso de avería frecuente o de fallos de funcionamiento que deban tenerse habitualmente en cuenta.</p>	<p><b>Nivel de protección normal.</b></p> <p>Aseguran el nivel de protección requerido durante su funcionamiento normal.</p>
<b>Ambiente de trabajo</b>	<p>Pueden funcionar en un ambiente en el que se produzcan atmósferas explosivas de forma constante, duradera o frecuente</p>	<p>Pueden funcionar en un ambiente en el que sea probable la formación de atmósferas explosivas.</p>	<p>Pueden funcionar en un ambiente en el que la formación de atmósferas explosivas sea infrecuente y su presencia de corta duración.</p>
<b>Zonas en que se admiten los equipos</b>	<p>Zonas 0 o 20.</p> <p>También en zonas 1 o 21 y/o 2 o 22.</p>	<p>Zonas 1 o 21.</p> <p>También en zonas 2 o 22.</p>	<p>Zonas 2 o 22.</p>

En la siguiente tabla se resume la selección de equipos en función de la probabilidad de aporte energético del equipo y la clasificación de zonas ATEX:



#### 4. Símbolo de uso (G, D o G/D):

G: Equipos para utilizar en atmósferas explosivas debidas a gases, vapores o nieblas.

D: Equipos para utilizar en atmósferas explosivas debidas a la presencia de polvo.

G/D: Equipos para utilizar en atmósferas explosivas debidas bien a gases, vapores o nieblas o bien, a la presencia de polvo. Esto no garantiza que se puedan emplear en atmósferas híbridas (gases y polvo presentes simultáneamente), lo que requiere una verificación específica.

La diferencia en el marcado de sistemas de protección autónomos es que no incluyen categoría; en los componentes que no incluyen la marca “CE” y; en el material asociado que lleva la categoría entre paréntesis (1, 2 o 3).

#### 5.3.2. Marcado normativo, complementario del anterior y orientado a permitir una utilización segura del equipo.

Se pueden distinguir dos tipos de marcado normativo en función del tipo de equipos (eléctricos o no eléctricos) que se describen a continuación:

##### A. Marcado de equipos eléctricos

- **Marcado especial de temperatura de servicio:** Si la temperatura ambiente prevista no está en el rango comprendido entre -20 °C y +40 °C el equipo deberá estar marcado para trabajar en el rango de temperatura correspondiente.
- **Símbolos asociados al número de certificado:** X o U

X: Material certificado sometido a condiciones especiales de fabricación o uso.

U: Material certificado es un componente.

A continuación se muestran ejemplos de marcado de equipos eléctricos:

EJEMPLOS			DESCRIPCIÓN
MARCADO DE CONFORMIDAD DIRECTIVA 94/9/CE	MARCADO NORMATIVO COMPLEMENTARIO		
 	II 2G	Ex d IIB T4	Equipo adecuado para atmósferas explosivas de gas de categoría 2 (adecuado para zonas 1 y 2). Equipo eléctrico con envolvente antideflagrante, adecuado para gases de los grupos IIA, IIB y temperatura superficial máxima 135°C
 	II 2D	Ex pD T135°C	Equipo adecuado para atmósferas explosivas de polvo de categoría 2 (adecuado para zonas 21 y 22). Equipo eléctrico con envolvente presurizado, adecuado para atmósferas de polvo de TMI <sub>n</sub> superior a 90°C y TMI <sub>c</sub> 60°C.

El marcado de los equipos eléctricos se divide de la siguiente manera:

MARCADO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS				
	1	2	3	4
	Marcado tradicional equipos eléctricos	Modo de protección	Grupo de material	Clase de temperatura
Material para atmósferas de gas, vapor o niebla	Ex o EEx	d, p (px/py/pz), q, o, e, i (ia/ib), nA, nC, nR, nL	IIC, IIB, IIA	T1, T2, T3, T4, T5, T6
Material para atmósferas de polvo	Ex o EEx	tD, pD, iaD /ibD, maD / mbD	-	Txxx°C

- Marcado de equipos eléctricos (Ex o EEx):** Redundancia en el marcado que proviene de antiguas directivas se está pasando de EEx a Ex.

**2. Modo de protección:** indica los modos de protección utilizados en la construcción del equipo. El modo de protección principal es el primero de la izquierda y, los modos complementarios se indican a continuación.

### 2.A. Modo de protección para GASES

MODO DE PROTECCIÓN PARA GASES				
MODO	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	NORMA UNE DE REF.	ADECUADO PARA ZONAS
Envolvente antideflagrante	d	Método de protección en el cual las partes que pueden provocar la ignición de una atmósfera explosiva se encierra en una envolvente que resiste a la presión desarrollada en una explosión interna de una mezcla explosiva y que impide la transmisión de la explosión a la atmósfera circundante de la envolvente.	60079-1	1 y 2
Presurización	p (px, py, pz)	Método de protección en el cual la penetración de una atmósfera circundante dentro de la envolvente del material eléctrico es impedida por el mantenimiento, dentro de dicha envolvente, de un gas de protección a una presión superior a la de la atmósfera circundante. La sobrepresión se mantiene con o sin producción del gas de protección.	60079-2	1 y 2
Encapsulado	m (ma, mb)	Método de protección en el cual las partes que podrían encender una atmósfera explosiva por chispas o por calentamientos se encierra en un compuesto de tal manera que esta atmósfera explosiva no pueda encenderse o penetrar.	60079-18	0, 1 y 2
Relleno pulverulento	q	Método de protección en el cual la envolvente del material eléctrico se llena con un material en el estado pulverulento de tal modo que, en las condiciones de uso previstas en la construcción, un arco produciéndose dentro de la envolvente no puede causar la ignición de la atmósfera circundante. No hay ignición ni por propagación de la llama, ni por calentamiento excesivo de las paredes de la cojea.	60079-5	1 y 2
Inmersión en aceite	o	Método de protección en el cual el material eléctrico o las partes de material eléctrico se	60079-6	1 y 2

**MODO DE PROTECCIÓN PARA GASES**

MODO	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	NORMA UNE DE REF.	ADECUADO PARA ZONAS
		sumergen en el aceite de modo que una atmósfera explosiva que se encuentra sobre el nivel el aceite o fuera de la envolvente no pueda encenderse.		
Seguridad aumentada	e	Método de protección que consiste en aplicar medidas con el fin de evitar, con un elevado coeficiente de seguridad, la posibilidad de temperaturas excesivas y la aparición de arcos o chispas dentro y sobre las partes externas del material eléctrico que no produce en servicio normal.	60079-7	1 y 2
Seguridad intrínseca (equipos)	i (ia, ib)	Un circuito de seguridad intrínseca es un circuito en el cual ninguna chispa ni ningún efecto térmico, producto en las condiciones de prueba fijadas por la norma UNE 60079-11 (que cubren el funcionamiento normal y las condiciones especificadas de defecto) son capaces de causar la ignición de una atmósfera explosiva dada.	60079-11	0, 1 y 2
Modos simplificados Protección "n"	nA, nC, nR, nL	nA: No productor de chispas nC: Energía limitada nR: Respiración limitada nL: Dispositivo sellado	60079-15	2

**2.B. Modo de protección para POLVOS**
**MODO DE PROTECCIÓN PARA POLVOS**

MODO	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	NORMA UNE DE REFERENCIA	ADECUADO PARA ZONAS
Envolvente antideflagrante	tD	Método de protección en el cual las partes que pueden provocar la ignición de una atmósfera explosiva se encierra en una envolvente que resiste a la presión desarrollada en una explosión interna de una mezcla explosiva y que impide la transmisión de la explosión a la atmósfera	61241-1	21 y 22

**MODO DE PROTECCIÓN PARA POLVOS**

MODO	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	NORMA UNE DE REFERENCIA	ADECUADO PARA ZONAS
		circundante de la envolvente.		
Presurización	pD	Método de protección en el cual la penetración de una atmósfera circundante dentro de la envolvente del material eléctrico es impedida por el mantenimiento, dentro de dicha envolvente, de un gas de protección a una presión superior a la de la atmósfera circundante. La sobrepresión se mantiene con o sin producción del gas de protección.	61241-2	21 y 22
Seguridad intrínseca (equipos)	iaD /ibD	Un circuito de seguridad intrínseca es un circuito en el cual ninguna chispa ni ningún efecto térmico, producto en las condiciones de prueba fijadas por la norma UNE 61241-11 (que cubren el funcionamiento normal y las condiciones especificadas de defecto) son capaces de causar la ignición de una atmósfera explosiva dada.	61241-11	20, 21 y 22
Encapsulado	maD / mbD	Método de protección en el cual las partes que podrían encender una atmósfera explosiva por chispas o por calentamientos se encierra en un compuesto de tal manera que esta atmósfera explosiva no pueda encenderse o penetrar.	61241-18	20, 21 y 22

Material asociado: si el modo de protección es **adecuado** aparece dicho modo de protección entre corchetes y si **no es adecuado** aparecen tanto el modo de protección como el símbolo Ex entre corchetes.

### 3. Grupo (IIA, IIB, IIC): Específico para gases.

Clasificación de equipos por sensibilidad de la sustancia a la ignición, por arco eléctrico o llama. (Ver apartado 4). En función del tipo de certificación, el equipo se instalar en atmósferas explosivas formadas por los siguientes grupos de gases:

TIPO DE CERTIFICACIÓN	GRUPO DE GASES DE UTILIZACIÓN
IIC	IIA, IIB, IIC
IIB	IIA, IIB
IIA	IIA

En el mercado puede incluirse un tipo de gas concreto. Su símbolo químico se incluirá detrás del II.

4. **Clase de temperatura** (T1 a T6): Hace referencia a la temperatura superficial máxima permitida para la clase térmica (Ver apartado 4).

CLASE DE TEMPERATURA	TEMPERATURA SUPERFICIAL MÁXIMA
T1	450 °C
T2	300 °C
T3	200 °C
T4	135 °C
T5	100 °C
T6	85 °C

#### 4.A. Clases de temperatura para GASES

Si el material tiene una temperatura superficial máxima superior a 450°C, en lugar de la clase, debe indicarse dicha temperatura. Para temperaturas inferiores, también puede indicarse la temperatura superficial máxima pero, en este caso, se debe indicar la clase detrás y entre paréntesis.

#### 4.B. Clases de temperatura para POLVOS

La temperatura superficial máxima del equipo se indica como un valor de temperatura.

La temperatura superficial máxima admitida para equipos instalados en cualquier zona, se determinará con la deducción de su **margen de seguridad** desde la temperatura mínima de inflamación del polvo en cuestión, según recoge la Norma UNE-EN 50281-2-1 tanto para nubes de polvo como para capas de hasta 5 mm de espesor.

POLVO EN FORMA DE	TEMPERATURA SUPERFICIAL MÁXIMA °C
Nubes	2/3 TMI <sub>n</sub>
Capas	TMI <sub>c</sub> - 75

Nota: cuando se prevea una capa de polvo de espesor superior, la temperatura superficial máxima del equipo eléctrico se corregirá en 3 °C por cada milímetro adicional.

## GRADOS DE PROTECCIÓN IP E IK (ESPECÍFICO PARA POLVOS)

### - Grado de protección (IP e IK):

El sistema de protección de los materiales eléctricos frente a la posibilidad de ser fuente de ignición de una potencial atmósfera explosiva debida a polvo es la envolvente del material eléctrico.

El grado de protección es el nivel de protección proporcionado por la **envolvente** contra el acceso a las partes peligrosas, contra la penetración de cuerpos sólidos extraños, contra la penetración de agua o contra impactos mecánicos exteriores y que además verifica mediante métodos de ensayo normalizados.

La **envolvente** es el elemento que proporciona la protección del material contra las influencias externas y en cualquier dirección, contra los contactos directos. Se considera parte de dicha envolvente todo accesorio o tapa que sea solidario con o forme parte de ella y que impida o limite la penetración de objetos en la envolvente, salvo que sea posible quitar las tapas con la ayuda de una herramienta o llave.

Existen dos tipos de grados de protección y cada uno de ellos tiene un sistema de codificación diferente: el código IP y el código IK.

- **Código IP (IPXX):** Grado de protección proporcionada por las envolventes de materiales eléctricos contra contactos directos, cuerpos sólidos y penetración del agua.

GRADO DE PROTECCIÓN IP	
VALOR	GRADO DE ESTANQUEIDAD
0	No protegido.
1	Protegido contra cuerpos sólidos de diámetro de más de 50mm.
2	Protegido contra cuerpos sólidos de diámetro de más de 12,5mm.
3	Protegido contra cuerpos sólidos de diámetro de más de 2,5mm.
4	Protegido contra cuerpos sólidos de diámetro de más de 1mm.
5	Protegido contra la penetración de polvo.
6	Totalmente estanco al polvo.

El código IP se compone de dos dígitos, el primero hace referencia al grado de protección del equipo contra el ingreso de objetos extraños sólidos en una escala del 0 al 6 (ver tabla a continuación) y, el segundo hace referencia a la estanqueidad contra líquidos en una escala del 0 al 8 (desde el punto de vista de atmósferas explosivas pulverulentas es irrelevante por lo que se representa con X).

Desde el punto de vista de atmósferas explosivas por presencia de polvo, los equipos instalados deberán cumplir los siguientes grados de protección para prevenir la penetración de polvo:

GRADO DE PROTECCIÓN IP		
ZONA	VALOR IP	GRADO DE PROTECCIÓN
20	IP6X	Totalmente estanco al polvo.
21	IP6X	Totalmente estanco al polvo.
22 con polvo conductor	IP6X	Totalmente estanco al polvo.
22	IP5X	Protegido contra la penetración de polvo.

- **Código IK:** Grado de protección proporcionado por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos exteriores.

CÓDIGO DE PROTECCIÓN IK	
VALOR	ENERGÍA DE CHOQUE (J)
00	0
01	0,14
02	0,20
03	0,35
04	0,50
05	0,70
06	1
07	2
08	5
09	10
10	20

Los equipos instalados en cualquier zona 20, 21 ó 22, deberán tener una resistencia al impacto máxima **IK07**, recomendándose **IK08** cuando se trate de polvos inflamables y conductores de la electricidad o en emplazamientos muy pulverulentos o con formación frecuente de nubes inflamables.

B. Marcado de equipos no eléctricos

EJEMPLOS DE MARCADO DE EQUIPOS NO ELÉCTRICOS		
Marcado de conformidad R.D. 400/96	Marcado normativo complementario	Descripción
CE Ex II 2G	d IIB T4	Equipo adecuado para atmósferas explosivas de gas de categoría 2 (adecuado para zonas 1 y 2). Equipo no eléctrico con envolvente antideflagrante, adecuado para gases de los grupos IIA, IIB y temperatura superficial máxima 135°C
CE Ex II 2D	pD T135°C	Equipo adecuado para atmósferas explosivas de polvo de categoría 2 (adecuado para zonas 21 y 22). Equipo no eléctrico con envolvente presurizado, adecuado para atmósferas de polvo de TMI <sub>n</sub> superior a 90°C y TMI <sub>c</sub> 60°C.

El marcado de los equipos no eléctricos se divide de la siguiente manera:

MARCADO DE EQUIPOS NO ELÉCTRICOS			
	1	2	3
	MODO DE PROTECCIÓN	GRUPO DE MATERIAL	CLASE DE TEMPERATURA
Material para atmósferas de <b>gas</b> , vapor o niebla	fr, d, c, b, p, k	IIC, IIB, IIA	T1, T2, T3, T4, T5, T6
Material para atmósferas de <b>polvo</b>	fr, d, c, b, p, k	-	Txxx°C

La diferencia con el marcado de equipos eléctricos radica en que no comienza con el símbolo Ex o Eex y que los modos de protección son diferentes.

1. **Modo de protección:** indica los modos de protección utilizados en la construcción del equipo.

MODO DE PROTECCIÓN PARA EQUIPOS NO ELÉCTRICOS				
MODO	SÍMBOLO	NORMA UNE DE REF.	ADECUADO PARA ZONAS GASES	POLVO
Envolvente con circulación restringida	fr	13463-2	2	22
Envolvente antideflagrante	d	13463-3	1 y 2	21 y 22
Seguridad constructiva	c	13463-5	1 y 2	21 y 22
Control de las fuentes de ignición	b	13463-6	1 y 2	21 y 22
Presurización	p	13463-7	1 y 2	21 y 22
Inmersión en líquido	k	13463-8	1 y 2	21 y 22

2. **Grupo de material** ([ver apartado A](#))
3. **Clase de temperatura** ([ver apartado A](#))

## ¿Qué equipos puedo emplear en zonas clasificadas?

Según el anexo II del R.D. 681/2003:

*La instalación, los aparatos, los sistemas de protección y sus correspondientes dispositivos de conexión sólo se pondrán en funcionamiento si el documento de protección contra explosiones indica que pueden usarse con seguridad en una atmósfera explosiva.*

Si el equipo es posterior al 30 de junio de 2003, debe ir marcado de conformidad con el R.D. 400/1996 por lo que:

EQUIPOS MARCADOS SEGÚN DIRECTIVA 94/9/CE	
Zona de riesgo	Categoría
Zona 0 o 20	Categoría 1
Zona 1 o 21	Categoría 2
Zona 2 o 22	Categoría 3

En el caso de equipos anteriores al 30 de junio de 2003, hay que considerar el modo de protección empleado en la construcción del equipo.

ELECCIÓN DE EQUIPOS			
Zona de riesgo	Equipos eléctricos		Equipos no eléctricos
	Modos más adecuados (2)	Grado IP	Modos más adecuados (2)
Zona 0	ia	-	g, c
Zona 1	d, e, ia, ib, m, o, p, q	-	d, b, p, k
Zona 2	n	-	fr
Zona 20 (1)	iaD	IP6X	g, c
Zona 21(1)	iaD, ibD, mD, pD, tD	IP6X	d, b, p, k
Zona 22(1)		IP5X	fr

(1) En el caso de polvo es preciso tener en cuenta además la Temperatura Superficial Máxima (ver más arriba).

(2) Datos obtenidos de Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. R.D. 681/2006, de 12 de junio.

## 5.4. DETERMINACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE ACTIVACIÓN DE DICHAS FUENTES

Una vez identificadas cuales de las 13 posibles fuentes de ignición pueden estar presentes de manera efectiva en la zona clasificada ([Ver apartado 5.2](#)), es preciso estimar la probabilidad de activación de dichas fuentes:

- **Frecuente (F):** la activación de la fuente de ignición es permanente o sucede con mucha frecuencia. Los equipos instalados en la zona clasificada son convencionales (sin protección).
- **Probable (P):** la activación de la fuente de ignición se produce normalmente. Equipos de categoría o modo de protección no suficiente para la zona clasificada en la que se encuentran.
- **Ocasional (O):** la activación de la fuente de ignición se produce algunas veces. Equipos de categoría o modo de protección adecuados para la zona clasificada en la que se encuentran pero sin el mantenimiento adecuado (posible fuente de ignición por mal funcionamiento del equipo).
- **Remota (R):** es muy raro, aunque posible que se produzca la activación de la fuente de ignición. Equipos de categoría o modo de protección adecuados para la zona clasificada en la que se encuentran y con el mantenimiento adecuado (posible fuente de ignición por mal funcionamiento raro del equipo).
- **Improbable (I):** no se espera que se produzca la activación de la fuente de ignición. El riesgo de existencia y activación de focos de ignición en las zonas clasificadas está controlado.

En caso de no poder estimar la probabilidad de que existan fuentes de ignición, se debe suponer que la fuente de ignición está siempre presente.

## 5.5. VALORACIÓN DEL RIESGO, EN FUNCIÓN DE LA PROBABILIDAD Y LAS CONSECUENCIAS

El método de valoración del riesgo descrito a continuación se encuentra descrito en: “Rase Project Explosive Atmosphere: Risk Assessment of Unit Operations and Equipment”.

La **probabilidad de explosión** es función de las dos probabilidades de las que procede:

- probabilidad de presencia de **atmósferas explosivas** y, (ver apartado 5.1)
- probabilidad de presencia de **fuentes de ignición efectivas** (ver apartado 5.4)

Mediante el análisis de la instalación se identifica las fuentes de ignición presentes en la misma y la efectividad de dicha fuente para ser capaz de inflamar la nube de gas/vapor o polvo.

La frecuencia de ocurrencia de ambos sucesos vendrá determinado por:

- **Frecuente (F)**: Ocurre continuamente
- **Probable (P)**: Ocurre varias veces en la vida del sistema
- **Ocasional (O)**: Ocurre alguna vez en la vida del sistema
- **Remota (R)**: Improbable, pero podría ocurrir en la vida del sistema
- **Improbable (I)**: Es muy improbable, por lo que puede que no se produzca nunca

De esta manera, la probabilidad de presencia del riesgo de explosión vendrá dada mediante una tabla similar a la tabla siguiente:

		PRESENCIA DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS		
		ZONA 2	ZONA 1	ZONA 0
PRESENCIA DE FUENTES DE IGNICIÓN	I IMPROBABLE	IMPROBABLE	IMPROBABLE	REMOTA
	R REMOTA	IMPROBABLE	REMOTA	OCASIONAL
	O OCASIONAL	IMPROBABLE	OCASIONAL	PROBABLE
	P PROBABLE	IMPROBABLE	PROBABLE	PROBABLE
	F FRECUENTE	IMPROBABLE	PROBABLE	FRECUENTE

La **severidad** se expresa en niveles definidos en términos de daños a la salud de las personas o de daños a los sistemas. Estos niveles son:

	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN DEL SUCESO	LOCALIZACIÓN
1	<b>CATASTROFE</b>	Se prevén muertes o pérdida de sistemas	Existencia de trabajadores en la localización de la explosión
2	<b>MAYOR</b>	Se prevén daños severos, accidentes laborales graves o daños graves al sistema	Existencia de trabajadores cercanos a la localización de la explosión sin existencia de barreras de protección
3	<b>MENOR</b>	Se prevén daños menores, accidentes laborales leves o leves daños al sistema	Existencia de trabajadores cercanos a la localización de la explosión con existencia de barreras de protección
4	<b>INSIGNIFICANTE</b>	Se prevé nivel inferior de daños, incidente laboral o daños insignificantes al sistema	Existencia de trabajadores alejados en otros lugares del interior de la explotación o no existencia de trabajadores en el interior de la explotación

Una vez evaluados ambos factores, probabilidad de ocurrencia de una explosión y severidad de los posibles daños, y con la ayuda de la siguiente tabla se estima el riesgo de explosión mediante la técnica de reducción de riesgos:

		CONSECUENCIAS			
		4 INSIGNIFICANTE	3 MENOR	2 MAYOR	1 CATÁSTROFE
PROBABILIDAD DEEXPLOSIÓN	I IMPROBABLE	D	C	C	B
	R REMOTA	D	C	B	A
	O OCASIONAL	D	B	B	A
	P PROBABLE	C	B	A	A
	F FRECUENTE	C	A	A	A

De esta manera se define cada riesgo de manera que queden establecidos los niveles de acción y temporización de las actuaciones adecuadas. Esta correspondencia se muestra en la tabla siguiente donde junto a cada asignación del nivel de riesgo aparecen los tipos de acciones que requieren junto con sus periodos de implantación.

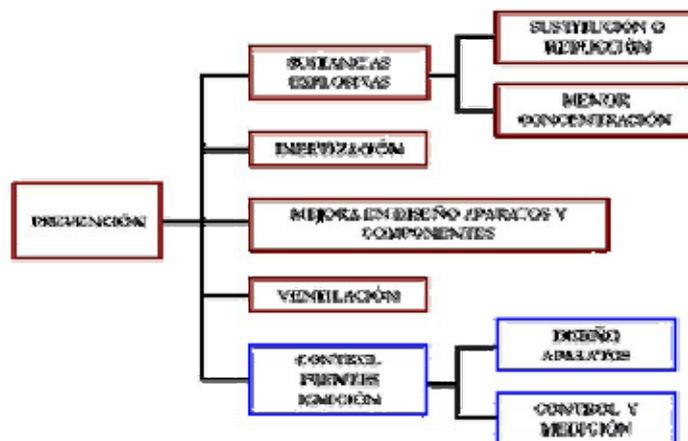
NIVEL DE RIESGO	ACCIÓN Y TEMPORIZACIÓN
<b>D TOLERABLE</b>	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo, se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
<b>C MODERADO</b>	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un período determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado a una <b>severidad mayor</b> se precisará una acción posterior para establecer con más precisión la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
<b>B IMPORTANTE</b>	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para mejorar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo en ejecución, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
<b>A INTOLERABLE</b>	No debe comenzarse ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo. Este tipo de trabajo requiere tanto la aplicación de medidas técnicas como de medidas organizativas.

Los Niveles de Riesgo asociados a determinados eventos no son necesariamente invariables, es decir, para un mismo evento se puede reducir su nivel de riesgo inicial hasta un valor inferior (más seguro) mediante la adopción de medidas de prevención y/o protección adicionales. Dependiendo del tipo de medidas a tomar, la disminución del riesgo será dentro de la matriz, moviéndose vertical u horizontalmente.

## 6. MEDIDAS TÉCNICAS ADOPTADAS O A ADOPTAR PARA LA PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIONES

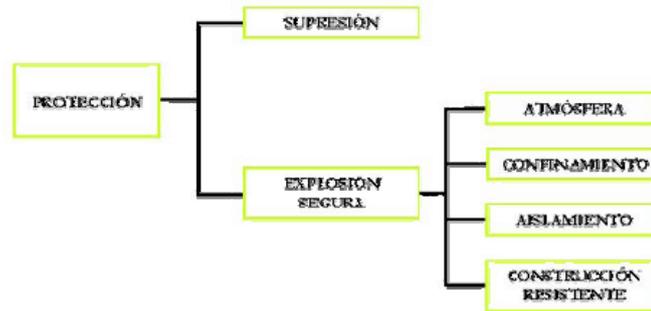
En este apartado y una vez analizado el riesgo y clasificadas las zonas se justificarán las medidas adoptadas para evitar el riesgo de explosión derivado de la formación de una atmósfera explosiva, según el apartado 8b) 8d) y 8e) y 8f) del **R.D. 681/2003**:

- b) *Que se tomarán las medidas adecuadas para lograr los objetivos de este real decreto.*
- d) *Las áreas en que se aplicarán los requisitos mínimos establecidos en el anexo II.*
- e) *Que el lugar y los equipos de trabajo, incluidos los sistemas de alerta, están diseñados y se utilizan y mantienen teniendo debidamente en cuenta la seguridad.*
- f) *Que se han adoptado las medidas necesarias, de conformidad con el Real Decreto 1215/1997, para que los equipos de trabajo se utilicen en condiciones seguras.*



Las medidas adoptadas siempre darán prioridad a evitar o limitar la formación de atmósferas explosivas bien, intentando evitar la presencia de sustancias inflamables y, si esto no es posible evitando la mezcla de las sustancias inflamables con el aire.

En caso de no ser viable ninguna de las dos opciones anteriores, existe la posibilidad de que se forme una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa y las medidas preventivas irán dirigidas a evitar la ignición de la atmósfera explosiva limitando la presencia de posibles fuentes de ignición efectivas.



Sólo como último recurso, en caso de no ser posible evitar la presencia de fuentes de ignición efectivas en zonas donde es posible la formación de atmósferas explosivas potencialmente peligrosas, además de las medidas preventivas, se tendrán en cuenta las medidas de protección contra explosiones.

## 6.1. MEDIDAS PREVENTIVAS PARA IMPEDIR LA FORMACIÓN DE ATEX

La prevención de la formación de atmósferas explosivas potencialmente peligrosas siempre debe ir por delante de las demás medidas de protección contra explosiones, siguiendo los principios generales de acción preventiva definidos en el artículo 15.1 de la LPRL: “*En toda acción preventiva, la primera actuación es siempre **evitar los riesgos***”. Evitando la formación de una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa, se evita el riesgo de explosión.

Las medidas que se pueden realizar para prevenir la formación de una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa son:

- Sustitución de las sustancias inflamables.
- Limitación de la concentración.
- Inertización.
- Aislamiento y cerramiento de las fuentes de escape.
- Medidas para eliminar los depósitos de polvo.
- Utilización de aparatos detectores de gas.

## MEDIDAS PREVENTIVAS PARA IMPEDIR LA FORMACIÓN DE ATEX

	Descripción	Ejemplos GASES	Ejemplos POLVO
<b>Sustitución de las sustancias inflamables.</b>	<p>La formación de atmósferas explosivas peligrosas puede prevenirse evitando o reduciendo el uso de sustancias inflamables.</p> <p>En el caso de polvo, es posible evitar la formación de nubes aumentando el tamaño de partícula del polvo producido.</p>	Sustituir productos disolventes o de limpieza inflamables por soluciones acuosas.	Evitar la suspensión del polvo, bien humedeciendo el polvo o utilizando productos pastosos.
<b>Limitación de la concentración.</b>	<p>Los gases y polvos sólo pueden formar una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa dentro de ciertos límites de concentración en mezcla con aire.</p> <p>Si es posible mantener las condiciones operativas y ambientales de manera que <b>no se alcance la concentración mínima</b> necesaria para que se produzca una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa no habrá riesgo de explosión. (Ver introducción – cantidades mínimas).</p>	En el caso de disolventes, evitar la formación de vapores en la superficie del líquido, manteniendo la temperatura ambiente por debajo del punto de inflamabilidad (unos 5°C) y una buena ventilación en la sala.	<p>En el caso de polvo, además de asegurar que la concentración de polvo en aire es inferior al CME, es preciso evitar la formación de posibles capas de polvo.</p> <p>Aspirar (para evitar nubes de polvo) y limpiar (para evitar acumulaciones de polvo).</p>

## MEDIDAS PREVENTIVAS PARA IMPEDIR LA FORMACIÓN DE ATEX

	Descripción	Ejemplos GASES	Ejemplos POLVO
<b>Inertización.</b>	<p>Consiste en diluir el oxígeno del aire en el interior de instalaciones con sustancias inertes (que no sean químicamente reactivas).</p> <p>Esto solo puede realizarse en el interior de pequeñas instalaciones o equipos herméticamente cerrados.</p> <p>A la hora de elegir una sustancia inerte, es muy importante que la sustancia inerte no reaccione con el combustible.</p>	<p>Sustituir el oxígeno por un gas inerte como el nitrógeno, dióxido de carbono o gases nobles.</p>	<p>Sustituir el oxígeno por una sustancia inerte pulverulenta como el bicarbonato sódico o la cal natural.</p>
<b>Aislamiento y cerramiento de las fuentes de escape.</b>	<p>Las instalaciones deben diseñarse de modo que en las condiciones de uso previsibles no se produzcan fugas significativas. Esto se asegurará mediante el mantenimiento adecuado de la instalación.</p> <p>Si no es posible prevenir la fuga de sustancias inflamables, a menudo se puede evitar la formación de atmósferas peligrosas mediante la ventilación / aspiración.</p>		
<b>Medidas para eliminar los depósitos de polvo.</b>	<p>Las técnicas de limpieza más adecuadas para la eliminación de capas de polvo son la limpieza en mojado y aspiración con equipos adecuados (que no puedan actuar como <a href="#">fuente de ignición</a>). <b>Nunca se debe soplar</b> el polvo ya que de esta manera el polvo no se elimina, sino que se deposita en otra parte de la instalación.</p>		
<b>Utilización de aparatos detectores de gas.</b>	<p>Se pueden emplear aparatos detectores de gas adecuados para trabajar en atmósferas explosivas potencialmente peligrosas, para verificar que la concentración en el ambiente es inferior al LIE.</p>		

## 6.2. MEDIDAS PREVENTIVAS PARA EVITAR LA IGNICIÓN DE ATEX

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.

### 6.2.1. Medidas preventivas para evitar la ignición de atmósferas explosivas generadas por GASES

	TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN	MEDIDAS PREVENTIVAS
1	<a href="#">Superficies calientes</a>	<p>La temperatura superficial máxima admitida, dependiendo del tipo de zona, se determinará con respecto a la temperatura mínima de ignición de dicho gas o vapor.</p> <p><u>Zona 0</u> (equipos de categoría 1): Temperatura superficial máxima admitida <b>inferior al 80% de la TMI</b>.</p> <p><u>Zona 1</u> (equipos de categoría 2): Temperatura superficial máxima admitida <b>inferior a la TMI</b>. (Inferior al 80% de la TMI si no se puede evitar que el gas o vapor se pueda calentar hasta la temperatura superficial.</p> <p><u>Zona 2</u> (equipos de categoría 3): Temperatura superficial máxima admitida <b>inferior a la TMI</b>.</p>

TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN	MEDIDAS PREVENTIVAS
2 <a href="#">Llamas y gases calientes</a> (incluyendo partículas calientes)	<p>Solo se deben autorizar llamas desnudas en las siguientes condiciones:</p> <p><u>Zona 0</u>: <b>No se admiten</b> llamas desnudas, ni gases provenientes de llamas, ni otros gases calientes.</p> <p><u>Zonas 1 y 2</u>: Solo se admiten dispositivos con llamas <b>si las llamas están confinadas</b> y no se superan las temperaturas indicadas en el punto 1: Superficies calientes. Además la envolvente debe ser suficientemente resistente para que no se produzca la propagación de la llama en el emplazamiento peligroso. Solo se pueden introducir gases calientes si se garantiza que no se alcanzará la temperatura mínima de ignición de la sustancia peligrosa.</p> <p>En el caso de ser preciso realizar trabajos de corte y soldadura en las zonas clasificadas se debe contar con un <a href="#">sistema de permisos de trabajo</a>.</p>

TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN	MEDIDAS PREVENTIVAS
<p>3 <a href="#">Chispas de origen mecánico</a></p>	<p>Se debe evitar en las zonas clasificadas el uso de equipos que puedan producir chispas de origen mecánico por fricción, choque o abrasión capaces de provocar la ignición de la atmósfera explosiva.</p> <p>En cuanto al uso de herramientas portátiles:</p> <p>Zona 0: No se permite el uso de ninguna herramienta que pueda producir chispas.</p> <p>Zonas 1y 2: Se pueden emplear herramientas que durante su utilización sólo pueden producir chispas aisladas como destornilladores o llaves.</p> <p>Solo se pueden emplear herramientas de acero y/o herramientas portátiles que durante su utilización en trabajos de corte o molienda, generan un haz de chispas, si se garantiza que no existe ninguna atmósfera explosiva en el momento del uso.</p> <p>El uso de herramientas portátiles en zonas clasificadas debe estar sometido a un <a href="#">sistema de permisos de trabajo</a>.</p>
<p>4 <a href="#">Material eléctrico, arcos y chispas eléctricas</a></p>	<p>Empleo de material eléctrico adecuado para la zona clasificada según apartado 5.3:</p> <p><u>Zona 0</u>: Equipos de categoría 1G.</p> <p><u>Zona 1</u>: Equipos de categorías 1G y 2G.</p> <p><u>Zona 2</u>: Equipos de categorías 1G, 2G y 3G.</p>

	TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN	MEDIDAS PREVENTIVAS
5	<p><a href="#">Corrientes eléctricas parásitas, protección contra la corrosión catódica</a></p>	<p>Si se han detectado peligros debidos a corrientes eléctricas parásitas y/o la protección contra la corrosión catódica, se deben adoptar medidas de protección especiales para los sistemas con protección contra la corrosión catódica por inyección de corriente.</p> <p><u>Zona 0:</u> Debe aplicarse equipotencialidad a todas las partes conductoras de la instalación.</p> <p><u>Zona 1:</u> Igual que para zona 0, salvo que se permite no aplicar las medidas especiales de equipotencialidad a las partes conductoras del sistema que no son adyacentes a las instalaciones eléctricas cuando ya existe un sistema de equipotencialidad formado por las redes de canalizaciones o sistemas completos de puesta a tierra.</p> <p><u>Zona 2:</u> No es preciso aplicar la equipotencialidad salvo que se produzcan frecuentemente arcos o chispas debidos a corrientes parásitas.</p>
6	<p><a href="#">Electricidad estática</a></p>	<p>Para evitar la generación y/o acumulación de cargas electrostáticas la clave está en propiciar la disipación de las cargas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de ropa y calzado de protección antiestática.</li> <li>- Puesta a tierra y conexión equipotencial de todas las superficies conductoras de manera que la resistencia de tierra del conjunto no supere el valor de 1 MΩ.</li> <li>- Aumento de la conductividad de materiales. Bien por aumento de la humedad relativa del aire hasta valores no inferiores al 60% o por tratamiento superficial al agregar productos antiestáticos a las pinturas.</li> <li>- Empleo de ionizadores de aire para aumentar la conductividad del aire y que éste sea capaz de</li> </ul>

	TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN	MEDIDAS PREVENTIVAS
		<p>disipar las cargas electrostáticas que se puedan generar.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Empleo de materiales o productos antiestáticos como plásticos y cintas de material impregnado de partículas conductoras para embalajes, adhesivos, bolsas, brochas y pinceles para operaciones de limpieza, mobiliario antiestático, etc.</li> <li>- Reducción de la velocidad relativa entre superficies en rozamiento: cuanto menor sea la velocidad relativa entre dos superficies, el calentamiento por rozamiento será menor y, por tanto, también se reducirá la excitación atómica de los materiales y su capacidad de cesión o admisión de carga electrostática.</li> <li>- Control de la velocidad de paso de materiales por conductos, cintas, etc.: se puede controlar el ritmo de generación de electricidad estática limitando la velocidad de paso de materiales en el proceso productivo.</li> <li>- Utilización de suelos de material disipador (no aislante).</li> <li>- Instalación de medios conductores de descargas electrostáticas para personas.</li> </ul>
7	<a href="#">Rayo</a>	<p>Las instalaciones deben estar protegidas mediante medidas apropiadas de protección contra el rayo. Estas medidas no deben perjudicar a las medidas de protección contra la corrosión catódica.</p>
8	<a href="#">Ondas electromagnéticas de radiofrecuencia (RF), de <math>10^4</math> Hz a <math>3 \times 10^{12}</math> Hz</a>	<p>Como medida de seguridad se debe mantener una distancia de seguridad, en todas las direcciones, entre las partes radiantes más próximas y la antena receptora.</p> <p>Evitar el uso de teléfonos móviles en zonas clasificadas.</p>

	TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN	MEDIDAS PREVENTIVAS
9	<a href="#">Ondas electromagnéticas de <math>3 \times 10^{11}</math> Hz a <math>3 \times 10^{15}</math> Hz</a>	<p>No se deben permitir los dispositivos que puedan provocar la ignición debido a absorción por resonancia.</p> <p>Se puede emplear el material eléctrico adecuado según el punto 4 en que, además la energía de radiación pulsatoria o flujo de energía de la radiación continua sea suficientemente bajo para no provocar la ignición una atmósfera explosiva en el exterior de la envolvente, o bien que dicha envolvente no permita la penetración de la atmósfera explosiva.</p>
10	<a href="#">Radiación ionizante</a>	<p>Se puede emplear el material eléctrico adecuado según el punto 4 en que, además la energía de radiación pulsatoria o flujo de energía de la radiación continua sea suficientemente bajo para no provocar la ignición una atmósfera explosiva en el exterior de la envolvente, o bien que dicha envolvente no permita la penetración de la atmósfera explosiva.</p>
11	<a href="#">Ultrasonidos</a>	<p>No se deben permitir ondas ultrasónicas con una frecuencia superior a 10MHz, salvo que esté demostrado que no existe riesgo de ignición por absorción debida a una resonancia molecular.</p> <p>Para ondas de frecuencia hasta 10MHz, sólo se deben permitir las ondas ultrasónicas si está garantizada la seguridad del procedimiento de trabajo. La densidad de potencia del campo acústico no debe sobrepasar <math>1\text{mW/mm}^2</math> a menos que esté probado que no existe riesgo de ignición.</p>
12	<a href="#">Compresión adiabática y ondas de choque</a>	<p>Se deben evitar los procesos que pueden dar lugar a compresiones o a ondas de choque capaces de provocar la ignición. Esto se puede conseguir si, las correderas y válvulas entre secciones del sistema entre las que existe una diferencia de presión elevada, sólo se pueden abrir lentamente.</p>

	TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN	MEDIDAS PREVENTIVAS
13	<a href="#">Reacciones exotérmicas, incluyendo la autoignición de polvos</a>	<p>En la medida de lo posible se deben evitar las sustancias con tendencia a la autoignición.</p> <p>Las reacciones exotérmicas pueden actuar como una fuente de ignición cuando la velocidad a la que se genera el calor desprendido de la reacción es mayor que la velocidad de disipación del mismo. De ahí la importancia de un sobredimensionado de la capacidad de refrigeración de equipos que puedan originar esta fuente de ignición.</p>

## 6.2.2. Medidas preventivas para evitar la ignición de atmósferas explosivas generadas por POLVOS

	TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN	MEDIDAS PREVENTIVAS
1	<a href="#">Superficies calientes</a>	<p>Seleccionar equipos cuya temperatura superficial máxima sea inferior a <b>2/3 TMin</b> para nubes y a <b>TMin – 75</b> para capas. (Ver apartado 5.3).</p>
2	<a href="#">Llamas y gases calientes</a> (incluyendo partículas calientes)	<p>Solo se deben autorizar llamas desnudas en las siguientes condiciones:</p> <p><u>Zona 20</u>: <b>No se admiten</b> llamas desnudas, ni gases provenientes de llamas, ni otros gases calientes.</p> <p><u>Zonas 21 y 22</u>: Solo se admiten dispositivos con llamas <b>si las llamas están confinadas</b> y no se superan las temperaturas indicadas en el punto 1: Superficies calientes. Además la envolvente debe ser suficientemente resistente para que no se produzca la propagación de la llama en el emplazamiento peligroso. Solo se pueden introducir gases calientes si se garantiza que no se inflamará el polvo depositado.</p> <p>Es necesario controlar la circulación de vehículos para evitar la coexistencia de dichos gases con atmósferas explosivas así como la posibilidad de que accedan a otras áreas a través de rejillas o huecos comunicantes. En el tubo de escape de motores de combustión, aparte de los gases calientes, también pueden salir partículas incandescentes y llamaradas o fognazos, fuentes potentes de ignición. Se pueden instalar protecciones del tipo apagallamas.</p> <p>En el caso de ser preciso realizar trabajos de corte y soldadura en las zonas clasificadas se debe contar con un <a href="#">sistema de permisos de trabajo</a>.</p>

TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN	MEDIDAS PREVENTIVAS
<p>3 <a href="#">Chispas de origen mecánico</a></p>	<p>Se debe evitar en las zonas clasificadas el uso de equipos que puedan producir chispas de origen mecánico por fricción, choque o abrasión capaces de provocar la ignición de la atmósfera explosiva.</p> <p>En cuanto al uso de herramientas portátiles:</p> <p>Zona 20: No se permite el uso de ninguna herramienta que pueda producir chispas.</p> <p>Zonas 21y 22: Se pueden emplear herramientas que durante su utilización sólo pueden producir chispas aisladas como destornilladores o llaves.</p> <p>Solo se pueden emplear herramientas de acero y/o herramientas portátiles que durante su utilización en trabajos de corte o molienda, generan un haz de chispas, si se garantiza que no existe ninguna atmósfera explosiva en el momento del uso: si el lugar de trabajo está apantallado, se han retirado los depósitos de polvo o si el lugar de trabajo se mantiene suficientemente húmedo para que el polvo no se pueda dispersar en el aire.</p> <p>El uso de herramientas portátiles en zonas clasificadas debe estar sometido a un <a href="#">sistema de permisos de trabajo</a>.</p>
<p>4 <a href="#">Material eléctrico, arcos y chispas eléctricas</a></p>	<p>Empleo de material eléctrico adecuado para la zona clasificada según apartado 5.3:</p> <p><u>Zona 0</u>: Equipos de categoría 1D.</p> <p><u>Zona 1</u>: Equipos de categorías 1D y 2 D.</p> <p><u>Zona 2</u>: Equipos de categorías 1 D, 2 D y 3 D.</p>

TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN	MEDIDAS PREVENTIVAS
<p>5</p> <p><a href="#">Corrientes eléctricas parásitas, protección contra la corrosión catódica</a></p>	<p>Si se han detectado peligros debidos a corrientes eléctricas parásitas y/o la protección contra la corrosión catódica, se deben adoptar medidas de protección especiales para los sistemas con protección contra la corrosión catódica por inyección de corriente.</p> <p><u>Zonas 20 y 21:</u> Debe aplicarse equipotencialidad a todas las partes conductoras de la instalación. Las canalizaciones de ventilación y de aspiración de depósitos, deben estar en primer lugar integradas en un sistema de equipotencialidad.</p> <p><u>Zona 22:</u> No es preciso aplicar la equipotencialidad salvo que se produzcan frecuentemente arcos o chispas debidos a corrientes parásitas.</p>
<p>6</p> <p><a href="#">Electricidad estática</a></p>	<p>Para evitar la generación y/o acumulación de cargas electrostáticas la clave está en propiciar la disipación de las cargas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de ropa y calzado de protección antiestática.</li> <li>- Puesta a tierra y conexión equipotencial de todas las superficies conductoras de manera que la resistencia de tierra del conjunto no supere el valor de 1 MΩ.</li> <li>- Aumento de la conductividad de materiales. Bien por aumento de la humedad relativa del aire hasta valores no inferiores al 60% o por tratamiento superficial al agregar productos antiestáticos a las pinturas.</li> <li>- Empleo de ionizadores de aire para aumentar la conductividad del aire y que éste sea capaz de disipar las cargas electrostáticas que se puedan generar.</li> <li>- Empleo de materiales o productos antiestáticos como plásticos y cintas de material impregnado de</li> </ul>

TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN	MEDIDAS PREVENTIVAS
	<p>partículas conductoras para embalajes, adhesivos, bolsas, brochas y pinceles para operaciones de limpieza, mobiliario antiestático, etc.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducción de la velocidad relativa entre superficies en rozamiento: cuanto menor sea la velocidad relativa entre dos superficies, el calentamiento por rozamiento será menor y, por tanto, también se reducirá la excitación atómica de los materiales y su capacidad de cesión o admisión de carga electrostática.</li> <li>- Control de la velocidad de paso de materiales por conductos, cintas, etc.: se puede controlar el ritmo de generación de electricidad estática limitando la velocidad de paso de materiales en el proceso productivo.</li> <li>- Utilización de suelos de material disipador (no aislante).</li> <li>- Instalación de medios conductores de descargas electrostáticas para personas.</li> </ul>
7 <a href="#">Rayo</a>	<p>Las instalaciones deben estar protegidas mediante medidas apropiadas de protección contra el rayo. Estas medidas no deben perjudicar a las medidas de protección contra la corrosión catódica.</p>
8 <a href="#">Ondas electromagnéticas de radiofrecuencia (RF), de <math>10^4</math> Hz a <math>3 \times 10^{12}</math> Hz</a>	<p>Como medida de seguridad se debe mantener una distancia de seguridad, en todas las direcciones, entre las partes radiantes más próximas y la antena receptora.</p> <p>Evitar el uso de teléfonos móviles en zonas clasificadas.</p>

TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN		MEDIDAS PREVENTIVAS
9	<a href="#">Ondas electromagnéticas de <math>3 \times 10^{11}</math> Hz a <math>3 \times 10^{15}</math> Hz</a>	<p>No se deben permitir los dispositivos que puedan provocar la ignición debido a absorción por resonancia.</p> <p>Se puede emplear el material eléctrico adecuado según el punto 4 en que, además la energía de radiación pulsatoria o flujo de energía de la radiación continua sea suficientemente bajo para no provocar la ignición una atmósfera explosiva en el exterior de la envolvente, o bien que dicha envolvente no permita la penetración de la atmósfera explosiva.</p>
10	<a href="#">Radiación ionizante</a>	<p>Se puede emplear el material eléctrico adecuado según el punto 4 en que, además la energía de radiación pulsatoria o flujo de energía de la radiación continua sea suficientemente bajo para no provocar la ignición una atmósfera explosiva en el exterior de la envolvente, o bien que dicha envolvente no permita la penetración de la atmósfera explosiva.</p>
11	<a href="#">Ultrasonidos</a>	<p>No se deben permitir ondas ultrasónicas con una frecuencia superior a 10MHz, salvo que esté demostrado que no existe riesgo de ignición por absorción debida a una resonancia molecular.</p> <p>Para ondas de frecuencia hasta 10MHz, sólo se deben permitir las ondas ultrasónicas si está garantizada la seguridad del procedimiento de trabajo. La densidad de potencia del campo acústico no debe sobrepasar <math>1\text{mW/mm}^2</math> a menos que esté probado que no existe riesgo de ignición.</p>
12	<a href="#">Compresión adiabática y ondas de choque</a>	<p>Se deben evitar los procesos que pueden dar lugar a compresiones o a ondas de choque capaces de provocar la ignición. Esto se puede conseguir si, las correderas y válvulas entre secciones del sistema entre las que existe una diferencia de presión elevada, sólo se pueden abrir lentamente.</p>

	TIPO DE FUENTE DE IGNICIÓN	MEDIDAS PREVENTIVAS
13	<a href="#">Reacciones exotérmicas, incluyendo la autoignición de polvos</a>	<p>En la medida de lo posible se deben evitar las sustancias con tendencia a la autoignición.</p> <p>Las reacciones exotérmicas pueden actuar como una fuente de ignición cuando la velocidad a la que se genera el calor desprendido de la reacción es mayor que la velocidad de disipación del mismo. De ahí la importancia de un sobredimensionado de la capacidad de refrigeración de equipos que puedan originar esta fuente de ignición.</p>

### 6.3. MEDIDAS DE PROTECCIÓN: MEDIDAS PARA LIMITAR LOS EFECTOS DE LAS EXPLOSIONES

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.

Los efectos de una explosión dependerán de:

- la presión y temperaturas iniciales de la explosión,
- la sobrepresión máxima generada por la deflagración o la detonación,
- la velocidad del crecimiento de la presión (gradiente de presión),
- la fuerza de la onda de presión y su impacto con elementos interpuestos, proyección de objetos...
- la formación de onda calorífica, llamas, sustancias tóxicas...

Los sistemas que limiten los efectos de la explosión deben estar diseñados para mitigar o minimizar la explosión, evitando su propagación y/o controlando que la onda de presión no alcance un nivel peligroso.

La elección y diseño de estos sistemas deberá venir avalado por un estudio específico para cada instalación. En el mismo se habrán tenido en cuenta los factores característicos de la misma y aquellos que afectan específicamente a la explosión, tanto en su generación como en su capacidad destructiva. Por ello se considera necesario que dichos estudios los realicen especialistas (de la propia empresa o de fuera de la misma), conjuntamente con los fabricantes de los medios de protección a establecer.

Las principales medidas de protección que permiten atenuar los efectos de la explosión son:

#### A. Construcciones resistentes a la explosión.

Diseño y construcción de los locales con materiales resistentes al fuego y a la onda de presión en aquellos locales donde la presencia de personal es permanente o asidua (salas de controles) de modo que no se vean afectados en caso de explosión. En general, estas estructuras tienen una masa importante, para resistir las potenciales cargas derivadas de la onda de presión y la inercia de los

elementos proyectados. Otro elemento clave es la ductilidad de los materiales, que les permite absorber gran cantidad de energía con o sin deformación pero sin rotura.

#### **B. Confinamiento de la explosión: equipos resistentes a la explosión.**

Es una técnica de protección pasiva, que se limita a recipientes de escaso volumen, (de unos pocos metros cúbicos), salvo alguna excepción, ya que es sumamente costoso conseguir recipientes de gran volumen que resistan 10 ó 12 bar.

Estos equipos pueden estar diseñados para resistir la presión máxima de explosión y/o la onda de choque generada por la explosión, sufriendo deformaciones o no. Estos equipos son de construcción robusta, de mayor peso y consecuentemente de un coste económico superior.

Si se opta por este medio de protección, se debe tener en cuenta la resistencia requerida para soportar la explosión que se puede generar en su interior en todas las partes del equipo, incluyendo partes móviles como bocas de hombre, el mantenimiento de dicha resistencia a lo largo de su vida útil así como la adaptación de los métodos de trabajo como las entradas de hombre o las consecuencias de fallos humanos

#### **C. Dispositivos de descarga de la presión de explosión: venteo de la explosión.**

El planteamiento de este tipo de protección se basa en permitir que la explosión se desarrolle, pero bajo condiciones seguras tanto para el personal como para los equipos e instalaciones.

Los equipos se pueden diseñar para que resistan una presión predeterminada de diseño, disponiendo dispositivos de alivio de presión fiables que protejan al sistema contra cualquier presión que sobrepase los límites marcados.

Estos paramentos débiles permiten mediante su rotura o apertura a una presión calibrada, la evacuación de los gases de explosión evitando que el resto del equipo se vea sometido a elevadas presiones. Son elementos de este tipo los paneles de venteo, las puertas de explosión, discos de ruptura...

#### **D. Control de la onda de presión y del frente de llama: equipos supresores de explosiones.**

Los sistemas de supresión de explosiones se diseñan para impedir que se desarrollen altas presiones por explosiones de gas o polvo combustible en el interior de espacios o recintos industriales que no han sido diseñados para resistirlas.

Su instalación es especialmente útil en aquellos casos en los que el alivio de explosiones por venteo es impracticable, así como en aquellos otros en los que a la explosión en sí se asocian emisiones de gases, vapores, polvos tóxicos o peligrosos en general para el entorno.

Constan de uno o varios detectores de explosiones incipientes, de una unidad de control y de unos extintores presurizados cuyas válvulas son activadas por el sistema sensor (supresores):

### **Detectores**

La detección puede realizarse por presión, mediante un transductor de presión o bien un indicador de ruptura, o mediante detección óptica de infrarrojos (IR) o ultravioleta (UV).

Una condición que deben cumplir los detectores es que deben ser sumamente rápidos y por ello no se utilizan detectores de temperatura, ni tampoco de gases.

### **Unidad de control**

Es el cuadro de maniobra que lee las señales del detector o de los detectores, las interpreta a gran velocidad, activa el sistema de supresión, a la vez que para el proceso y da señal de alarma acústica y visual.

### **Supresores**

Consiste en un recipiente a presión que contiene un agente extintor, el cual debe inundar la zona a proteger con la suficiente rapidez, como para frenar el avance de la deflagración.

La supresión de la deflagración se basa en dos aspectos:

- El enfriamiento e inertización, por la evaporación en el caso de utilizar agua micronizada.
- La inertización, ya sea por el efecto de las partículas de bicarbonato sódico, absorbiendo los radicales libres de la combustión o por desplazamiento del oxígeno, reduciendo la concentración del mismo.

Pero lo fundamental es el tiempo de descarga, que debe ser suficientemente rápido como para controlar la deflagración en su estado incipiente.

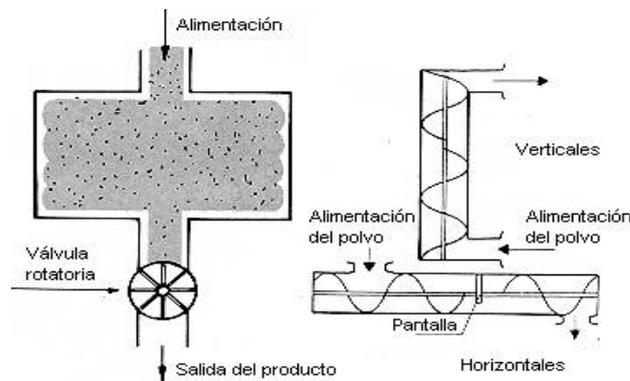
A continuación se muestra la secuencia de actuación de un sistema supresor:



Alejamiento, separación de instalaciones, interposición de obstáculos. La mejor protección contra los efectos de una explosión accidental es que exista una distancia amplia entre la misma y los posibles sujetos de daño. Esta es la base de las tablas y fórmulas de distancias en función de la potencial carga explosiva. Las distancias que proporcionan estas fórmulas son muy grandes, y por ello en muchas ocasiones no son en la práctica utilizables.

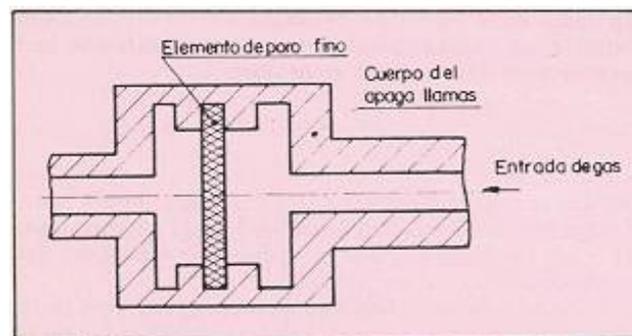
- Cierres rotativos y tornillos sin fin.

Impiden la transmisión de la llama y de la presión de un lado a otro del cierre.



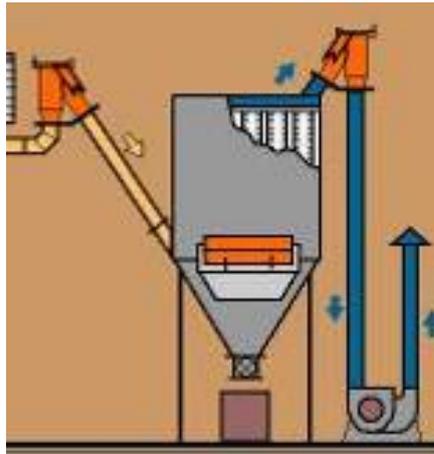
- Dispositivos para interrumpir las explosiones:
  - Apagallamas.

Los apagallamas son barreras mecánicas pasivas capaces de interrumpir el paso de la explosión a lo largo de conductos y tuberías. Consiste en capas de láminas metálicas plegadas a través de las cuales debe pasar el frente de llama, produciéndose su enfriamiento, hasta llegar a la extinción. Únicamente eficaz para gases. Se emplean para evitar la propagación de explosiones en tuberías, mangueras y venteos de diversos equipos de planta: tanques, reactores, descarga de cisternas, hornos, quemadores, bombas, compresores, gasómetros, equipos de corte y soldadura, etc.



- Diversores o Chimeneas de descarga de explosión.

La tobera de descompresión de explosión está diseñada para cambiar la dirección del flujo de aire 180° y parar la propagación de la explosión a lo largo del sistema de conducción ya que, debido a la inercia acelerante de la explosión, ésta tiene el efecto de conservar su dirección inicial en vez de hacer un giro de 180° en forma de U. Mediante la instalación de un codo con una compuerta débil se permite ventear al exterior la explosión, sin propagarla a lo largo de la línea de tuberías o conductos.



- Válvulas de cierre rápido.



**Válvula ventex:** Dispositivo pasivo que consiste en una barrera mecánica para procesos en los que se utilicen polvos explosivos. Proporciona un cierre estanco cuando se alcanza un valor de presión. No se evitará la transmisión de la explosión si no se ha alcanzado ese valor que permite la activación del cierre de la misma.

**Válvula ventex activa:** Opera con un sensor control auxiliar de flujo de gas (chorro de aproximadamente 60 bar de nitrógeno de un contenedor de alta velocidad de descarga) en la dirección del eje de la tubería cerrando la válvula ventex.

**Válvula de deslizamiento mecánico o cierre rápido:** Evita la propagación de los frentes de llama y de presión. Se instalan entre reactores de distintos procesos donde podría iniciarse una explosión de

polvo. El disco de cierre de la válvula es accionado mediante un cilindro de pistón por medio de una corriente de aire comprimido.

**Válvula de mariposa:** Se emplea en aquellos equipos en los que la explosión primaria ha sido controlada por otros medios, como venteo o supresión de explosión. El sistema utiliza un dispositivo primario de detección que cerrará la válvula de mariposa de acción rápida delante de la onda de presión y el frente de llama.

- Barrera química de frente de llama

Inyecta un agente extintor en los conductos corriente abajo respecto a la explosión. De esta forma el frente de llama es extinguido en la zona inerte. Consiste en un detector, una unidad de control y una botella de agente extintor.

- Detección y extinción de chispas

Es un método simplificado de extinción automática en tuberías. Se emplea para la detección de chispas aerotransportadas o puntos incandescentes. El sistema se compone de una detección óptica, una unidad de control y un sistema de extinción que suele ser una neblina de agua.

## 6.4. MEDIDAS DE PROTECCIÓN MEDIANTE EL CONTROL DE PROCESOS

Se denominan sistemas de control de procesos aquellos equipos destinados a accionar en caso de producirse un suceso un determinado mecanismo.

Las medidas de protección contra explosiones se pueden mantener, vigilar y accionar mediante dispositivos de seguridad, control y regulación (sistemas de control de procesos, SCP).

Pueden utilizarse SCP para:

- Prevenir la aparición de atmósferas explosivas potencialmente peligrosas
- Evitar fuentes de ignición
- Atenuar los efectos nocivos de una explosión

SISTEMAS DE CONTROL DE PROCESOS (SCP)		
Zona de riesgo	Existencia de fuentes de ignición	Requisitos para dispositivos SCP
<b>No existe</b>	Existe por necesidades operativas	Ninguno.
<b>Zona 2 o 22</b>	Existe por necesidades operativas	Dispositivo adecuado independiente para prevenir fuentes de ignición.
	No previsible en condiciones operativas normales	Ninguno.
<b>Zona 1 o 21</b>	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.
<b>Zona 0 o 20</b>	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.

## 7. MEDIDAS ORGANIZATIVAS: IMPLANTACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL

Las medidas organizativas deben ser complementarias de las medidas técnicas de preventivas descritas en el apartado anterior, de manera que permitan, mediante la adecuada organización de actividades y fases de trabajo, reducir al mínimo el número de empleados expuestos al riesgo o incluso evitar la exposición de trabajadores al riesgo de explosión.

La planificación del mantenimiento y las revisiones periódicas son medidas imprescindibles en la prevención y protección frente al riesgo de explosión, independientemente del tipo de medidas técnicas que se hayan tomado.

Las principales medidas organizativas se pueden dividir en:

- Instrucciones de servicio para los puestos de trabajo.
- Cualificación de los trabajadores.
- Contenido y frecuencia de la formación.
- Regulación de los equipos de trabajo móviles en las áreas de riesgo.
- Equipos de protección individuales para los trabajadores.
- Sistema de permisos de trabajo y su organización.
- Programa de limpieza.
- Organización de los trabajos de mantenimiento, control y comprobación.
- Señalización de las áreas de riesgo.

### 7.1. INSTRUCCIONES DE SERVICIO PARA LOS PUESTOS DE TRABAJO

Instrucciones de trabajo por escrito y modos operativos de ejecución: se elaborarán disposiciones y normas de comportamiento relacionadas con actividades que comporten un riesgo especial o que agraven un riesgo existente y de cuya correcta realización pueda depender la seguridad de los trabajadores.

Estas normas deben ser vinculantes y especificar detalladamente la forma de realización, el equipo a utilizar, equipos de protección necesarios y cualquier otra medida necesaria para garantizar la seguridad de los trabajadores. Se comprobará que los trabajadores a los que vayan dirigidas estas instrucciones comprenden y conocen teórica y prácticamente cada uno de los requisitos exigidos.

Las instrucciones de servicio son disposiciones y normas de comportamiento vinculantes relacionadas con la actividad y que el empresario da a los trabajadores por escrito. 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.

Deben redactarse de tal modo que el 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.

Las instrucciones de servicio deben especificar detalladamente la forma de realización, el equipo a utilizar, equipos de protección necesarios y cualquier otra medida necesaria para garantizar la seguridad de los trabajadores. Las instrucciones de trabajo para lugares de trabajo con riesgo de atmósfera explosiva también **deben reflejar especialmente dónde existen, qué riesgos, qué equipos de trabajo móviles se autorizan y si es preciso utilizar algún equipo de protección personal.**

## 7.2. CUALIFICACIÓN DE LOS TRABAJADORES

Los trabajadores deben disponer de la cualificación adecuada y suficiente para realizar determinadas actividades que supongan un riesgo para la seguridad y la salud de los mismos. Por ejemplo para realizar trabajos en tensión la cualificación viene descrita en el **R.D. 614/2001**, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas de protección de la seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

A continuación se incluye una tabla en la que se describe la cualificación necesaria para realizar determinadas funciones relacionadas con el **R.D. 681/2003**. En caso de no estar establecida legalmente la cualificación de los trabajadores, será el empresario el que defina y valide la experiencia y formación requerida por el trabajador para desarrollar una determinada actividad.

**CUALIFICACIÓN DE LOS TRABAJADORES SEGÚN RD 681/2003**

FUNCIONES	ACTIVIDAD	CUALIFICACIÓN
<b>DPCE</b>	Implica principalmente: - Evaluación de riesgos - Selección e implantación de medidas preventivas	- Personal perteneciente al SPP17. - Personal perteneciente al SPA18. (Puntualmente el SPA podrá subcontratar algún aspecto que se incluya en el DPCE).
<b>SUPERVISIÓN AMBIENTAL</b>	Control ambiental durante la realización de trabajos para la detección de la ATEX si puede poner en peligro a los trabajadores. Puede implicar la elaboración de procedimiento de medición.	- Planificación y elaboración del procedimiento: técnico superior de prevención. - Supervisión: en función del grado de autonomía que permita el procedimiento.
<b>COORDINACIÓN</b>	Debe existir coordinación entre empresas y trabajadores concurrentes en un centro de trabajo cuando exista riesgo de formación de ATEX. En general, en lo referente al riesgo de explosión, será importante coordinarse sobre: - Las zonas en que existe o se puede formar ATEX. - Las medidas preventivas a adoptar cuando se realicen trabajos o se manipulen sustancias capaces de generar ATEX y si se van a realizar trabajos en caliente o actividades susceptibles de generar fuentes generar fuentes de ignición. - Los equipos y procedimientos de trabajo a utilizar en zonas clasificadas por riesgo de ATEX. - Las actividades a realizar y el dónde se van a realizar. - Cuantas otras estén previstas en la evaluación de riesgos.	Si poseen formación en prevención de nivel intermedio, puede realizar la actividad: - Personal de la organización preventiva especializada de la empresa (trabajador designado, SPP, SPA) - Trabajadores con los conocimientos y experiencia necesarios (actividad integrada). - Empresas dedicadas a la coordinación.

## CUALIFICACIÓN DE LOS TRABAJADORES SEGÚN RD 681/2003

FUNCIONES	ACTIVIDAD	CUALIFICACIÓN
<b>RECURSO PREVENTIVO</b>	Vigilancia, cuando se llevan a cabo operaciones peligrosas en sí mismas o por el hecho de concurrir con otras operaciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Personal del SPP o SPA.</li> <li>- Trabajadores designados.</li> <li>- Personal designado por el empresario por su experiencia en el trabajo a realizar.</li> </ul>
<b>INSTRUCCIONES Y PERMISOS DE TRABAJO</b>	La elaboración del procedimiento de trabajo debe abordarse en colaboración con el servicio de prevención y los departamentos implicados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboración del procedimiento: técnicos de prevención con formación de nivel superior en colaboración con los departamentos implicados.</li> <li>- Ejecución: arts. 18 y 19 LPRL.</li> </ul>
<b>VERIFICACIÓN</b>	Comprobación de las medidas de protección reflejadas en el DPCE.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Técnicos de prevención con formación de nivel superior.</li> <li>- Personal con experiencia certificada de dos o más años en prevención de explosiones.</li> <li>- Personal con formación específica en dicho campo impartida por una entidad capacitada.</li> <li>- Personal especificado en la reglamentación de aplicación.</li> </ul>
<b>DESCONEXIÓN DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN</b>	Desconexión manual de los sistemas de protección que estén incluidos en un proceso automático si se producen condiciones peligrosas para la seguridad y salud de los trabajadores.	Según las instrucciones establecidas

### 7.3. CONTENIDO Y FRECUENCIA DE LA FORMACIÓN

Todos los trabajadores propios que acceden o pueden acceder a un área clasificada deben recibir información y formación sobre:

- Los riesgos de explosión existentes en el lugar de trabajo y de las medidas de protección adoptadas (**R.D. 681/2003** sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo).
- En esta formación debe explicarse cómo y en qué puntos del lugar de trabajo surge el riesgo de explosión.
- Medidas de protección contra explosiones y explicar su funcionamiento.
- 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 proximidad de éstas.
- Significado de la señalización de las áreas de riesgo e indicación de los equipos móviles cuya utilización está autorizada en estas áreas.
- Equipos de protección personal que deben utilizar durante el trabajo.
- Instrucciones de servicio existentes y sistema de permisos.

La formación de los trabajadores debe realizarse en los momentos siguientes (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):

- Antes de comenzar su actividad (contratación).
- Un traslado o modificación de sus tareas.
- La introducción o modificación de equipos de trabajo.
- La introducción de una nueva tecnología.
- Debido a bajas de larga duración.

La instrucción debe correr a cargo de una persona debidamente capacitada ([Ver apartado 7.2](#)) y debe documentarse por escrito la fecha, el contenido y los participantes en las acciones de instrucción.

## 7.4. REGULACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO MÓVILES EN LAS ÁREAS DE RIESGO.

Se debe disponer de un listado de equipos de trabajo móviles susceptibles de penetrar en las áreas de riesgo, en el que se identifique en qué zonas clasificadas es adecuado su uso. Este listado se puede incluir como anexo en el Documento de Protección Contra Explosiones.

Cualquier aparato portátil que penetre en áreas clasificadas debe cumplir con los requisitos indicados en el [apartado 5.3](#).

## 7.5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUALES PARA LOS TRABAJADORES

La gestión de los Equipos de Protección Individual requiere la correcta selección de los mismos para cumplir con los requisitos derivados de la actividad y los riesgos del centro.

Los EPIs utilizados deben cumplir con una doble finalidad, proteger al trabajador frente a los riesgos derivados de su actividad y para el caso de las áreas clasificadas, la prevención de ignición de una posible atmósfera explosiva generada.

El calzado y la ropa que se suministre a los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas, para permitir la disipación de las cargas electrostáticas que pudieran generarse, deben estar certificados de acuerdo con el **R.D. 1407/1992**, de 20 de noviembre.

## 7.6. SISTEMA DE PERMISOS DE TRABAJO Y SU ORGANIZACIÓN

Se debe establecer un sistema de permisos de actividades con fuego, llamas o cualquier otra fuente de ignición, validados por personal designado competente.

Mediante el Sistema de Permisos de Trabajo, dichos trabajos son autorizados, con anterioridad a su ejecución, por la persona responsable de la empresa en cuestión. Esto se debe aplicar también a los procesos de trabajo que puedan plantear riesgos por solaparse con otros trabajos.

Los [permisos de trabajo](#) deberán incluir como mínimo:

- El lugar exacto de la empresa en que deben realizarse los trabajos.
- Indicación clara del trabajo que deben efectuarse.

- Indicación de los riesgos.
- Precauciones necesarias; la persona que toma las precauciones debe firmar para acreditar su cumplimiento.
- Equipos de protección personal necesarios.
- Inicio y finalización previsible de los trabajos.
- Aceptación, confirmación y comprensión.
- Procedimiento de extensión/relevo de turno.
- Retorno de la instalación para comprobación y reanudación del servicio.
- Cancelación, instalación probada y reanudación del servicio.
- Parte de cualquier anomalía detectada durante el trabajo.

Al término de los trabajos se comprueba que sigue manteniéndose o se ha restablecido la seguridad de la instalación. Se informa a todos los participantes sobre la finalización de los trabajos.

Como orientación, se incluye en la página siguiente el modelo de permiso de trabajo obtenido de la “*Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo*”:

<b>PERMISO DE TRABAJO EN EMPLAZAMIENTO ATEX</b>	
Fechas:                    Inicio:    /                    /                    Finalización:    /                    /	
Emplazamiento y/o instalación: _____	
Responsable de los trabajos: D/Dª _____	
Trabajo, tarea u operación a realizar en el emplazamiento: _____	
Riesgos específicos: _____ _____ _____ Riesgos indirectos (interacción con otras operaciones): _____	Medidas preventivas adoptadas: _____ _____ _____ Equipos de protección individual a utilizar: _____ _____
Personal que interviene en el trabajo, tarea u operación:	
D/Dª _____ Firma: _____	D/Dª _____ Firma: _____
D/Dª _____ Firma: _____	D/Dª _____ Firma: _____
Personal de relevo de turno / extensión de turno:	
D/Dª _____ Fecha y hora del relevo/extensión:    /                    / Firma: _____	D/Dª _____ Fecha y hora del relevo/extensión:    /                    / Firma: _____
Todos los arriba firmantes aceptan, confirman y comprenden los riesgos, medidas preventivas y equipos de protección individual aplicables al trabajo cubierto por este permiso.	
<input type="checkbox"/> Trabajos realizados <input type="checkbox"/> Instalación comprobada <input type="checkbox"/> Comprobación y reanudación del servicio en el emplazamiento de realización de los trabajos <input type="checkbox"/> Anomalías detectadas	
Descripción de las anomalías detectadas: _____ _____	
Referencia del parte de anomalías (si existe):	
<input type="checkbox"/> Permiso cancelado	
Firma del responsable de los trabajos: _____	

## 7.7. PROGRAMA DE LIMPIEZA

La limpieza es una de las medidas preventivas básicas para evitar la formación de atmósferas explosivas por polvo y también para evitar sobrecalentamientos de maquinaria, permanencia de derrames...

La cantidad necesaria de polvo en suspensión para que se forme la atmósfera explosiva dependerá de cada tipo de sustancia, pero sería suficiente la suspensión de una capa de polvo que se apreciase a simple vista.

Por eso es especialmente importante, a la vez que una medida fácil y poco costosa, el mantener la limpieza adecuada, mediante aspiración, limpieza con paños húmedos de superficies o cualquier otra forma apropiada a la evaluación de riesgos, pero nunca con sistemas que pusiesen en suspensión el polvo, como equipos de barrido o soplado.

La [limpieza](#) es tan importante en emplazamientos peligrosos por polvo como la ventilación en los emplazamientos peligrosos por gases o vapores; hasta el punto en que afecta a la clasificación de zonas ATEX.

Se debe incluir el procedimiento de limpieza en las instrucciones de servicio relacionadas con emplazamientos peligrosos donde es posible la formación de atmósferas explosivas potencialmente peligrosas por polvo.

A continuación se muestra un ejemplo de tabla de control del programa de limpieza:

PROGRAMA DE LIMPIEZA					
Situación y equipos	Método de limpieza	Responsable	Frecuencia de limpieza	Registro de inspección	
				Fecha de limpieza	Observaciones

## 7.8. ORGANIZACIÓN DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO, CONTROL Y COMPROBACIÓN

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 a través del sistema de permisos de trabajo. Los trabajos de mantenimiento deben confiarse únicamente a personas capacitadas para ello.

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.

## 7.9. SEÑALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE RIESGO

Conforme al apartado 3 del artículo 7 del **R.D. 681/2003**, los accesos a las áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que supongan un peligro para la salud y la seguridad de los trabajadores deberán señalizarse, cuando sea necesario, con la señal de advertencia siguiente:



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).

Esta señal indica que existe riesgo de explosión, por tanto es la misma independientemente de la clasificación de la zona y del tipo de sustancia que provoque la atmósfera explosiva.

Se puede acompañar, si es necesario, de paneles informativos así como de otras señales apropiadas para la zona.

Se pueden prever también señalizaciones temporales, como acordonar zonas mientras se realizan trabajos puntuales.

## 8. PLANIFICACIÓN, REALIZACIÓN Y COORDINACIÓN DE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIONES

### 8.1. PLANIFICACIÓN Y REALIZACIÓN

El documento de protección contra explosiones en este punto debe reflejar la planificación de puesta en marcha de las medidas preventivas.

Además deberá indicar **quién** es la persona responsable o encargada de la aplicación de las medidas, **cuándo** es preciso aplicar dichas medidas y **cómo** se controla su eficacia.

A continuación se muestra una tabla de planificación y realización de medidas preventivas que debe hacer referencia a cada uno de los emplazamientos peligrosos determinados en los apartados 5.1.1 y 5.1.2 para atmósferas explosivas de gases o vapores y polvos respectivamente.

PLANIFICACIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS				
Emplazamiento peligroso:			Referencia:	
Nº	Factor de riesgo	Medida preventiva	Responsable	Plazo

## 8.2. COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES

Los diferentes tipos de relaciones que se pueden dar entre empresarios que coincidan en un mismo centro de trabajo están regulados por el **R.D. 171/2004**, de 30 de enero, que desarrolla el artículo 24 de la LPRL. En él se establece la obligación general de coordinación a través de un intercambio de información sobre los riesgos específicos de las actividades de cada empresario concurrente que puedan afectar a los trabajadores de las demás empresas.

La coordinación para la protección contra explosiones pretende crear una colaboración segura entre empresario y empresa exterior (todas las empresas y trabajadores autónomos concurrentes en el centro de trabajo), teniendo en cuenta que se realizan las medidas de protección convenidas, y las personas participantes están suficientemente formadas y se comportan con arreglo a las medidas de seguridad convenidas.

Se debe disponer de un procedimiento de “Coordinación de Actividades Preventivas” que recoja las normas a cumplir por parte de las empresas externas, así como una serie de instrucciones escritas en las que se identificarán los riesgos de la instalación y unas medidas de actuación en caso de emergencia.

El procedimiento de coordinación de actividades empresariales deberá contener:

- Las zonas en que existe o se puede formar una atmósfera explosiva. Actividades a realizar y entorno en el que se van a realizar.
- Las medidas preventivas y de protección a adoptar cuando se realicen trabajos o se manipulen sustancias capaces de generar una atmósfera explosiva.
- Las medidas preventivas y de protección a adoptar si se van a realizar trabajos en caliente o actividades susceptibles de generar fuentes de ignición.
- Los equipos que se deben utilizar y procedimientos de trabajo a cumplir cuando se realicen actividades en zonas clasificadas por riesgo de explosión.
- Cuantas otras medidas estén previstas en la evaluación de riesgos.

Esta información se deberá facilitar por escrito, antes del inicio de la actividad y ante cualquier modificación que deba ser tenida en cuenta para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores.

A continuación se incluye un listado no exhaustivo de comprobación con las premisas que debe cumplir el procedimiento de Coordinación de Actividades Empresariales a realizar en materia de prevención y protección contra explosiones:

<b>EMPRESA:</b>				
<b>CENTRO:</b>				
TAREAS:				
PUNTO DE COMPROBACIÓN		SI	NO	OBSERVACIONES
1	¿Se controla el cumplimiento de las normas legales o de la empresa para la aplicación del R.D. 681/2003?			
2	¿Se encomienda por escrito a alguna persona la realización de la coordinación de la colaboración entre empresas?			
3	¿La persona encargada de la coordinación está cualificada y tiene autoridad suficiente?			
4	¿La persona encargada de la coordinación realiza visitas sobre el terreno?			
5	¿Se informa a los subcontratistas la existencia de esta persona que realiza las labores de coordinación?			
6	¿Se controla el desarrollo del trabajo en cuanto a los posibles riesgos mutuos?			
7	¿Se evita la formación de una atmósfera explosiva en los ámbitos donde son posibles fuentes de ignición descontroladas?			
8	¿Se evita la utilización o generación de fuentes de ignición descontroladas en ámbitos con presencia de atmósferas explosivas peligrosas?			
9	¿Se previene la aparición de disfunciones peligrosas en empresas subcontratadas para realizar trabajos en zonas de riesgo?			
10	¿Se fija mediante algún tipo de documento el desarrollo de las etapas de trabajo realizado por las subcontratas en zonas de riesgo?			
11	¿Se controla que se adaptan de manera adecuada las medidas de protección convenidas en función del avance del trabajo o de las deficiencias reconocidas?			
12	¿Se controla que existe una información continuada de los riesgos y medidas de protección a adoptar en cada momento?			
13	¿Se controla que existe una sincronización continua de las empresas subcontratistas en las zonas de riesgo?			
14	¿Se controla que existe una formación de los riesgos de incendio o explosión para los trabajadores de las empresas subcontratistas que realizan trabajos en zonas de riesgo?			
15	¿Se produce una comprobación continua del cumplimiento de los puntos anteriores?			

## 9. ANEXO

El anexo puede contener, por ejemplo:

- [Fichas de Datos de Seguridad](#) de las sustancias pueden originar una atmósfera explosiva potencialmente peligrosa.
- [Declaraciones CE de conformidad](#) de equipos situados en las zonas clasificadas y/o equipos portátiles.
- [Relación de equipos portátiles](#) adecuados para trabajar en zonas clasificadas.
- [Otros](#): Planes de mantenimiento, programas de limpieza....

No es preciso que la documentación se encuentre físicamente anexada al Documento de Protección Contra Explosiones. Es suficiente con indicar donde se encuentra archivada dicha documentación.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- **NTP 826.** El documento de protección contra explosiones (DPCE).
- **Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.** R.D. 681/2006, de 12 de junio.
- **Prevención y protección de explosiones de polvo en instalaciones industriales.** Xavier de Gea
- **R.D. 681/2003** sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- **R.D. 400/1999** relativo a Aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.
- **ITC BT 29**, prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión.
- **UNE-EN-60079-10:2004** Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 10. Clasificación de emplazamientos peligrosos
- **UNE 202007:2006 IN** Guía de aplicación de la Norma UNE-EN 60079-10. Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Clasificación de emplazamientos peligrosos.
- **UNE EN 1127-1:2008** Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: Conceptos básicos y metodología.
- **UNE 20322:1986** clasificación de emplazamientos con riesgo de explosión debido a la presencia de gases, vapores y nieblas inflamables (No vigente – anulada por UNE 60079-10)
- **Manual práctico de clasificación de zonas en atmósferas explosivas.** CETIB
- **Guía para la realización del Documento de Protección contra Explosiones.** Marceliano Herrero Sinovas.
- **R.D. 379/2001**, de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias: **MIE-APQ-1:** Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles.
- **UNE-EN 61241-0** Material eléctrico para uso en presencia de polvo inflamable. Parte 0: Requisitos generales. (IEC 61241-0:2004, modificada+Corrigendum 1:2005)
- **UNE-EN 61241-10** Material eléctrico para uso en presencia de polvo combustible. Parte 10: Clasificación de emplazamientos en donde están o pueden estar presentes polvos combustibles.

- **Metodología para la Clasificación de Zonas con Riesgo de Incendio y Explosión debido a polvo combustible.** Marceliano Herrero Sinovas.
- **CEI 31-56** Costruzioni per atmosfere esplosive per la presenza di polveri combustibili. guida all'applicazione della norma CEI en 61241-10 (CEI 31-66) "classificazione delle aree dove sono o possono essere presenti polveri esplosive"
- **RASE Project**.. Methodology for the Risk Assessment of Unit Operations and Equipment for Use in Potentially Explosive Atmospheres.
- **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.

**El Gobierno de Navarra, que ha subvencionado esta guía, no se identifica necesariamente con el contenido de los artículos u opiniones que en ella se recogen.**