

PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS DERIVADOS DE **ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS** EN EL LUGAR DE TRABAJO

REAL DECRETO 681/2003, de 12 de junio
BOE nº 145, de 18 de junio



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL

PARA LA EVALUACIÓN
Y PREVENCIÓN DE LOS
RIESGOS
DERIVADOS DE
**ATMÓSFERAS
EXPLOSIVAS**
EN EL LUGAR
DE TRABAJO

REAL DECRETO 681/2003, de 12 de junio
BOE nº 145, de 18 de junio



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL

 **insst**
Instituto Nacional de
Seguridad y Salud en el Trabajo

Título:

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Edita:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

C/ Torrelaguna 73, 28027 Madrid

Tel. 91 363 41 00, fax 91 363 43 27

www.insst.es

Composición:

Servicios Gráficos Kenaf, S.L.

C/ González Dávila, 20 - 4º Izq. Oficina 43 D - 28031 Madrid

Tel. 91 380 64 71

info@kenafsl.com

Edición:

Madrid, junio 2021

NIPO (papel): 118-21-008-2

NIPO (en línea): 118-21-009-8

Depósito Legal: M 12235-2021

Hipervínculos:

El INSST no es responsable ni garantiza la exactitud de la información en los sitios web que no son de su propiedad. Asimismo la inclusión de un hipervínculo no implica aprobación por parte del INSST del sitio web, del propietario del mismo o de cualquier contenido específico al que aquel redirija

Histórico de revisiones:

Julio 2009

Diciembre 2008

Agradecimientos:

Se agradece la cesión de las imágenes que aparecen en esta guía a: Adix Ingeniería, Braunschweiger Flammenfilter GmbH, Garnica Plywood Baños de Río Tobia, Industrias Metálicas Oñaz S.L., Sistemas y Servicios Prosilo S.L. y Xavier de Gea Rodríguez

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:

<http://cpage.mpr.gob.es>

Catálogo de publicaciones del INSST:

<http://www.insst.es/catalogo-de-publicaciones>



Presentación

El artículo 8 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, establece como función del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo¹ (INSST), entre otras, la realización de actividades de información y divulgación en materia de prevención de riesgos laborales.

Por otra parte, el artículo 5.3 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, contempla la posibilidad de que se utilicen guías del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo “cuando la evaluación exija la realización de mediciones, análisis o ensayos y la normativa no indique o concrete los métodos que deben emplearse, o cuando los criterios de evaluación contemplados en dicha normativa deban ser interpretados o precisados a la luz de otros criterios de carácter técnico”.

El Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo encomienda de manera específica, en su disposición final primera, al Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, la elaboración y el mantenimiento actualizado de una Guía Técnica de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas.

La presente guía técnica, actualizada a fecha de mayo de 2021, ha sido elaborada en cumplimiento de este mandato legal y tiene por objetivo facilitar la aplicación del mencionado real decreto proporcionando criterios e información técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas, así como para la elaboración del documento de protección contra explosiones al que hace referencia el artículo 8 del Real Decreto 681/2003.

Carlos Arranz Cordero
DIRECTOR DEL INSST

¹ El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, O.A., M.P. (INSST) ha cambiado de nombre en los últimos años, pudiendo aparecer en algunas publicaciones citado como Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) o Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT). En la presente guía técnica se utilizará, en todos los casos, su denominación actual (INSST), excepto cuando así se encuentre expresamente indicado en un texto legal, por ser anterior al cambio de denominación, y se haga una mención literal del mismo.

Índice

I. INTRODUCCIÓN	7
II. DESARROLLO Y COMENTARIOS AL REAL DECRETO 681/2003, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A LOS RIESGOS DERIVADOS DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS	9
Artículo 1. Objeto y ámbito de aplicación	9
Artículo 2. Definición	12
Artículo 3. Prevención de explosiones y protección contra estas	15
Artículo 4. Evaluación de los riesgos de explosión	16
Artículo 5. Obligaciones generales	17
Artículo 6. Obligación de coordinación	18
Artículo 7. Áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas	19
Artículo 8. Documento de protección contra explosiones	20
Disposición adicional única. Aplicación a los equipos de trabajo destinados a ser utilizados en los lugares en los que puedan formarse atmósferas explosivas y que ya se estén utilizando.	22
Disposición transitoria única. Plazo de aplicación de la nueva normativa a los lugares de trabajo	22
Disposición final primera. Elaboración y actualización de la guía técnica	23
Disposición final segunda. Facultad de desarrollo	23
Disposición final tercera. Entrada en vigor	23
 ANEXO I. Clasificación de las áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas	 23
 ANEXO II. A. Disposiciones mínimas destinadas a mejorar la seguridad y la protección de la salud de los trabajadores potencialmente expuestos a atmósferas explosivas	 29
 ANEXO II. B. Criterios para la elección de los aparatos y sistemas de protección	 35
 ANEXO III. Señalización de zonas de riesgo de atmósferas explosivas conforme al apartado 3 del artículo 7	 36
III. APÉNDICES	37
Apéndice 1. Funciones y cualificación	38
Apéndice 2. Documento de protección contra explosiones	44
Apéndice 3. Medidas preventivas y de protección	55
Apéndice 4. Equipos para uso en atmósferas explosivas	63
Apéndice 5. Fuentes de ignición. Electricidad estática	74
IV. FUENTES DE INFORMACIÓN	79
A. Documentos citados en la guía	79
• Normativa legal relacionada	79
• Normas técnicas	80
• Publicaciones del INSST	81
B. Otros documentos no citados en la guía	81
C. Referencia a la web de organismos de interés	82

I. INTRODUCCIÓN

El Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo transpone al ordenamiento jurídico español la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 1999/92/CE, de 16 de diciembre de 1999, relativa a esta materia.

Este real decreto regula la prevención y protección por exposición al riesgo de explosión estableciendo una serie de obligaciones al empresario. Algunas de estas obligaciones son similares a las indicadas en otras disposiciones destinadas también a la protección de los trabajadores: evaluación de los riesgos de atmósferas explosivas, medidas de prevención y protección contra los mismos, coordinación de actividades, formación e información de los trabajadores; y otras son más concretas: la clasificación en zonas de las áreas de riesgo, las características específicas que deben cumplir los equipos instalados o introducidos en las zonas clasificadas y la obligatoriedad de recoger todos los aspectos preventivos que se hayan desarrollado en la empresa en un documento de protección contra explosiones, sin que ello implique la duplicidad de la documentación ya elaborada en virtud de la [Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales](#).

La guía se presenta transcribiendo íntegramente Real Decreto 681/2003 (en su versión consolidada a fecha de la edición de esta guía) en recuadros en color, e intercalando las observaciones y aclaraciones sobre aquellos conceptos más relevantes que no se consideran suficientemente autoexplicativos, y se estructura, en líneas generales, en tres partes. Una primera, de carácter esencialmente jurídico, que comprende el articulado y las disposiciones adicional, transitoria y finales. Una segunda parte, de carácter técnico, en donde se desarrollan los apartados incluidos en los anexos del real decreto. Y una tercera parte, constituida por cinco apéndices donde se desarrollan los aspectos considerados excesivamente amplios para ser intercalados en el apartado correspondiente o para los cuales es necesario un desarrollo técnico de mayor profundidad como puede ser la clasificación en zonas de riesgo de atmósferas explosivas.

La presente edición incorpora los cambios normativos y legislativos que han tenido lugar desde la última actualización de la guía en el año 2009 viéndose afectado, entre otros aspectos, el contenido de los apéndices 4 y 5 de la presente guía técnica. También, en esta nueva edición, se han modificado los comentarios al artículo 5 y a la Disposición adicional única, y se ha tratado de simplificar y aclarar el contenido del apéndice 1 relativo a las funciones establecidas por el Real Decreto 681/2003.

II. DESARROLLO Y COMENTARIOS AL 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

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

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz. Según su artículo 6, serán las normas reglamentarias las que irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Así, son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

Asimismo, la seguridad y la salud de los trabajadores han sido objeto de diversos convenios de la Organización Internacional del Trabajo ratificados por España y que, por tanto, forman parte de nuestro ordenamiento jurídico. Destaca, por su carácter general, el Convenio número 155, de 22 de junio de 1981, sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo, ratificado por España el 26 de julio de 1985. En el mismo sentido, en el ámbito de la Unión Europea se han fijado, mediante las correspondientes directivas, criterios de carácter general sobre las acciones en materia de seguridad y salud en el trabajo, así como criterios específicos referidos a medidas de protección contra accidentes y situaciones de riesgo.

Concretamente, la Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 1999, relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas, establece las disposiciones específicas mínimas en este ámbito. Mediante este real decreto se procede a la transposición al Derecho español del contenido de esta directiva.

La norma contiene la definición de atmósfera explosiva, que se define como 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. Se contemplan en la norma, además, una serie de obligaciones del empresario con objeto de prevenir las explosiones y de proteger a los trabajadores contra estas. El empresario deberá tomar diferentes medidas de carácter técnico u organizativo, siempre de acuerdo con los principios básicos que deben inspirar la acción preventiva, que se combinarán o completarán, cuando sea necesario, con medidas contra la propagación de las explosiones. De carácter específico son la obligación de evaluar los riesgos de explosión y la de coordinar, cuando en un mismo lugar de trabajo se encuentren trabajadores de varias empresas, además de la obligación de elaborar un documento de protección contra explosiones y de clasificar en zonas las áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas.

En la elaboración de este real decreto han sido consultadas las organizaciones empresariales y sindicales más representativas y ha sido oída la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

En su virtud, de conformidad con el artículo 6 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, a propuesta de los Ministros de Trabajo y Asuntos Sociales y de Ciencia y Tecnología, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 6 de junio de 2003,

DISPONGO:

CAPÍTULO I Disposiciones generales

Artículo 1. Objeto y ámbito de aplicación

1. Este real decreto tiene por objeto, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, establecer 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, según se definen en el artículo 2.

El Real Decreto 681/2003 forma parte de la normativa de seguridad y salud en el trabajo, enmarcada por la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (en adelante, Ley 31/1995). Por tanto, las obligaciones específicas establecidas en este real decreto para la protección de los trabajadores frente al riesgo derivado de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo deben entenderse e interpretarse a la luz de los preceptos de carácter general contenidos en la citada ley.

En este real decreto se establecen, entre otros, los criterios que se deben tener en cuenta en lo referente a la evaluación de riesgos, la formación e información

de los trabajadores y sus representantes, las características de los equipos y medios de protección, etc., siempre tomando en consideración los principios de la acción preventiva, para aquellos riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas que puedan formarse en cualquier lugar de trabajo.

En el caso particular en las pequeñas y medianas empresas, además de lo señalado anteriormente, se tendrá en cuenta lo dispuesto en la *Guía técnica para la integración de la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa* y en la *Guía técnica de simplificación documental*, ambas elaboradas por el INSST.

2. Las disposiciones de este real decreto se aplicarán sin perjuicio de las disposiciones más rigurosas o específicas establecidas en la normativa específica que sea de aplicación.

Tal y como se establece en el artículo 1 de la Ley 31/1995, se considera que es normativa sobre prevención de riesgos laborales, no solo dicha Ley y sus disposiciones de desarrollo² o complementarias, sino también todas aquellas normas, legales o convencionales, que establezcan la adopción de medidas preventivas en el ámbito laboral.

El cumplimiento de los requisitos establecidos en este real decreto no exime al empresario del cumplimiento, cuando le sea aplicable, de normativa más rigurosa o específica, bien sea del ámbito de la seguridad industrial, como es el caso del *Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10*, y *Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Petrolíferas*, bien sea del ámbito de la protección civil como el *Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas*. El Real Decreto 840/2015 se considera en general una norma más restrictiva puesto que obliga, a las empresas que están bajo su ámbito de aplicación, a elaborar un informe de seguridad

que contiene la política de prevención de accidentes graves y el sistema de gestión de la seguridad de la empresa y que supone, en determinados aspectos, el cumplimiento de requisitos más estrictos que los establecidos en este real decreto y que pueden servir de base, o ser referencia documental, para demostrar el cumplimiento de los mismos.

Por otra parte, el Real Decreto 2085/1994 establece las condiciones de seguridad de las instalaciones donde se manejan productos petrolíferos. En concreto en el *Real Decreto 706/2017, de 7 de julio, por el que se aprueba la instrucción técnica complementaria MI-IP 04 "Instalaciones para suministro a vehículos"* se regulan determinados aspectos de la reglamentación de instalaciones petrolíferas, se establece la clasificación de zonas y presenta una serie de figuras con los detalles típicos de clasificación de los surtidores en función de su construcción. Por tanto, desde el punto de vista de la seguridad de la instalación (no tanto de su utilización), los requisitos establecidos en este real decreto se cumplirían en determinados aspectos preventivos y documentales, si se satisfacen los establecidos por la citada ITC, resolviendo la parte correspondiente del documento de protección contra explosiones (DPCE).

3. Las disposiciones de este real decreto no serán de aplicación a:

- Las áreas utilizadas directamente para el tratamiento médico de pacientes y durante dicho tratamiento.
- La utilización reglamentaria de los aparatos de gas conforme a su normativa específica.
- La fabricación, manipulación, utilización, almacenamiento y transporte de explosivos o sustancias químicamente inestables.
- Las industrias extractivas por sondeos y las industrias extractivas, a cielo abierto o subterráneas, tal como se definen en su normativa específica.
- La utilización de medios de transporte terrestres, marítimo y aéreo, a los que se aplican las disposiciones correspondientes de convenios internacionales, así como la normativa mediante la que se da efecto a dichos convenios. No se excluirán los medios de transporte diseñados para su uso en una atmósfera potencialmente explosiva.

² Entre los que se encuentra este real decreto.

A continuación, se cita a modo de información y de forma no exhaustiva la legislación que deben cumplir los equipos, actividades, áreas, etc. que quedan excluidas de este real decreto.

La exclusión relativa al punto 1.3 a) se refiere al [Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, Reglamento electrotécnico para baja tensión \(REBT\)](#) e instrucciones técnicas complementarias. Entre ellas está la ITC-BT 38 “Instalaciones con fines especiales. Requisitos particulares para la instalación eléctrica en quirófanos y salas de intervención”.

La exclusión relativa al punto 1.3. b) viene fundamentada en la normativa específica existente, y que sobre aparatos de gas se concreta en el [Reglamento \(UE\) 2016/426 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2016, sobre los aparatos que queman combustibles gaseosos y por el que se deroga la Directiva 2009/142/CE](#). En este reglamento se establecen los requisitos esenciales que deben cumplir los aparatos de gas para que funcionen de forma segura y no representen un peligro para las personas, los animales domésticos ni los bienes, en condiciones normales de utilización.

No obstante, en dicha reglamentación se excluyen en su artículo 1.3 a) aquellos aparatos diseñados específicamente para ser utilizados en procesos industriales que se llevan a cabo en instalaciones industriales. La regulación de estos tipos de aparatos de gas se encuentra en la ITC-ICG 8 “Aparatos de gas” del [Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias, ICG 01 a 11](#).

No se excluyen, sin embargo, los posibles escapes de las conducciones de gases inflamables, cuya emisión a la atmósfera podría dar lugar a la formación de una atmósfera explosiva peligrosa (como, por ejemplo, podría ocurrir en salas de calderas).

La exclusión relativa al punto 1.3 c) viene fundamentada en la normativa específica existente, y que en relación con la fabricación, manipulación, utilización, almacenamiento y transporte se concreta en el [Real Decreto 130/2017, de 24 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Explosivos](#).

Las sustancias químicamente inestables son aquellas que pueden sufrir descomposición o cambios químicos indeseados durante el procedimiento normal de manipulación o almacenamiento. Por ejemplo: sustancias que forman fácilmente peróxidos, monómeros que no llevan estabilizadores o inhibidores y que pueden polimerizarse con una reacción fuertemente exotérmica, productos que dan lugar a reacciones de descomposición, compuestos que reaccionan de forma violenta en contacto, principalmente, con el aire y el agua...

La identificación y caracterización de estas sustancias se realizará de acuerdo con la información recogida en la ficha de datos de seguridad y en las indicaciones de peligro (H) y consejos de prudencia (P) de acuerdo con el [Reglamento \(CE\) n° 1272/2008, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento \(CE\) n° 1907/2006 \(Reglamento CLP\)](#).

La exclusión relativa al punto 1.3. d) viene fundamentada por el hecho de que las industrias extractivas están reguladas por el [Real Decreto 1389/1997, de 5 de septiembre, por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras](#) y por el [Real Decreto 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera y sus Instrucciones técnicas complementarias de desarrollo](#).

La exclusión relativa al punto 1.3. e) viene fundamentada en las disposiciones correspondientes establecidas en el [Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español](#), en el [Real Decreto 412/2001, de 20 de abril, por el que se regulan diversos aspectos relacionados con el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril](#) y en el [Real Decreto 552/2014, de 27 de junio, por el que se desarrolla el Reglamento del aire y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea y se modifica el Real Decreto 57/2002, de 18 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Aérea](#).

4. Las disposiciones del [Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención](#), se aplicarán plenamente al conjunto del ámbito contemplado en el apartado 1, sin perjuicio de las disposiciones más rigurosas o específicas previstas en este real decreto.

El [Real Decreto 39/1997](#) y sus modificaciones posteriores son de plena aplicación en cuanto a la organización de la actividad preventiva en sus distintas modalida-

des, las funciones y actividades que pueden desarrollar cada uno de los sujetos implicados, así como la formación que deben tener.

Artículo 2. Definición

A los efectos de este real decreto, se entenderá por atmósfera explosiva 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.

Las explosiones a que se refiere esta definición son explosiones químicas producidas a partir de una reacción de combustión muy exotérmica. Se pueden definir como una combustión rápida que genera gases calientes que se expansionan, dando lugar a una onda de presión (onda aérea) y a un frente de llama que se propaga rápidamente.

La energía liberada en una explosión no tiene por qué ser necesariamente mayor a la producida a partir de una combustión simple, pero esta energía es liberada en un tiempo muy pequeño y por tanto con gran potencia.

En función de cómo se mezcle la sustancia inflamable con el aire, de su concentración y de cómo se produzca la ignición, se puede generar una combustión rápida en forma de llamarada o generarse un frente de llama y las citadas ondas de presión causando la explosión.

Las explosiones a que nos referimos, normalmente se propagan en régimen de **deflagración**, es decir, la velocidad lineal de avance de la reacción (frente de llama) es: inferior a la velocidad del sonido, y la onda de presión generada avanza por delante del frente de llama o zona de reacción.

La **detonación** es un régimen de propagación de la explosión más severo, la velocidad de propagación es superior a la velocidad del sonido y la onda de presión, denominada “onda de choque”, y el frente de llama avanzan acoplados. Este fenómeno es debido al efecto de compresión de la onda de choque, la cual genera una alta temperatura y da lugar a la autoignición de la mezcla inflamable que aún no se ha quemado. Como consecuencia, se requerirán métodos específicos de protección.

La definición de atmósfera explosiva (en adelante, ATEX) del artículo 2 del Real Decreto 681/2003 incluye todas las atmósferas inflamables tanto si la explosión se propaga en régimen de deflagración (que será lo más habitual), como si lo hace en forma de detonación.

Otro aspecto que debe cumplirse para que una atmósfera pueda considerarse como explosiva, a efectos de este real decreto, es el hecho de que la mezcla de las sustancias inflamables con el aire se produzca en con-

diciones atmosféricas. Estas condiciones se refieren a las condiciones de presión y temperatura habituales en el ambiente de trabajo³. Por ejemplo: dentro del ámbito de aplicación de este real decreto, no se consideraría ATEX el interior de un recipiente a presión de sustancias inflamables, pero sí la formada en el lugar de trabajo a causa de escapes o fugas de las sustancias inflamables o combustibles almacenadas a presión o la que existe en el interior de tanques y almacenamientos que se encuentren en condiciones atmosféricas.

Almacenamiento en condiciones no atmosféricas



Figura 1. Almacenamiento de gas natural licuado a presión atmosférica y temperatura -161 °C. En su interior no hay aire luego no es de aplicación el Real Decreto 681/2003.

Almacenamiento en condiciones atmosféricas



Figura 2. Almacenamiento de hidrocarburos a temperatura y presión atmosférica. Por tanto, si la sustancia emite vapores y en el interior hay aire, hay que aplicar el Real Decreto 681/2003.

³ En el artículo 2 de la Guía Europea de la Directiva 2014/34/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas considera las condiciones atmosféricas: una temperatura en el rango de -20 °C a 60 °C y un rango de presión entre 0,8 bar y 1,1 bar.

La información sobre las propiedades relacionadas con la inflamabilidad de las sustancias en los lugares de trabajo puede obtenerse de la información que obligatoriamente debe aportar el fabricante o proveedor según la normativa específica⁴. Por tanto, si la sustancia está sometida a dicha reglamentación, se podrá identificar si es inflamable o no en función de las indicaciones que proporcione su etiquetado y su ficha de datos de seguridad.

Cuando se trate de sustancias y mezclas que no estén clasificadas de acuerdo con la legislación anterior o no se contemple ninguna obligación de facilitar información, el usuario profesional podrá solicitar del productor o suministrador la información necesaria para evaluar los riesgos en virtud de lo dispuesto en el artículo 41 de la Ley 31/1995. En cualquier caso y concretamente en el supuesto de que se desconozcan los datos de inflamabilidad y se sospeche que, en las condiciones de utilización, pueden formar atmósferas explosivas, la información necesaria para evaluar los riesgos puede obtenerse a partir de:

- normativa existente sobre transporte de mercancías peligrosas, donde se indican clasificaciones de peligrosidad de los productos químicos y sus correspondientes pictogramas e indicaciones.
- recomendaciones que la Comisión Europea haya hecho públicas sobre los resultados de la evaluación y estrategia de limitación del riesgo.
- monografías y fichas de datos para sustancias químicas realizadas por distintas instituciones como la ONU, OIT, OMS...
- bibliografía especializada, bases de datos...
- ensayos normalizados.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que muchos polvos combustibles, tales como harina, piensos, tóner, metales finamente divididos, etc., pueden tener propiedades de explosividad, aunque no dispongan de fichas de datos de seguridad. Por tanto, el hecho de no llevar pictograma no excluye el riesgo de estas sustancias. Se pueden obtener valores concretos de inflamabilidad, combustibilidad o explosividad en base a los ensayos normalizados.

Para que se forme una atmósfera explosiva, es necesario, entre otras condiciones, que la sustancia inflamable esté íntimamente mezclada con el aire. Las sustancias y mezclas con propiedades físico-químicas

propicias para formar ATEX y que pueden mezclarse fácilmente con el aire son aquellas que se presentan en forma de gases, vapores y nieblas o sólidos combustibles en forma de polvo.

Un **gas** es un fluido en el cual las fuerzas de atracción entre sus moléculas son tan pequeñas que no adopta ni forma ni volumen fijo, sino que tiende a expandirse todo lo posible para ocupar todo el espacio en el que se encuentra. Una sustancia gaseosa tendrá las propiedades indicadas anteriormente en condiciones ambientales de presión y temperatura. Son sustancias gaseosas inflamables: el hidrógeno, gases de combustión incompleta, gases procedentes de fermentaciones de materia orgánica como el metano, etc. Los gases para su almacenamiento y utilización, normalmente, se encuentran sometidos a presión (incluso pueden estar licuados). La emisión de gas con una presión superior a la ambiental aumenta la velocidad de difusión lo que, unido a su naturaleza, facilitará una mezcla íntima del gas con el oxígeno del aire.

En un sentido amplio, el concepto de **vapor** es equivalente al de gas, y muchas veces ambos se utilizan indistintamente. Sin embargo, estrictamente, se reserva el término de vapor al estado gaseoso que adoptan los líquidos por acción del calor. Todos los vapores de sustancias líquidas combustibles como carburantes, aceites combustibles, disolventes, etc., pueden causar atmósfera explosiva.

Al igual que en el caso anterior, estas propiedades favorecen la mezcla íntima de la sustancia con el oxígeno del aire; sin embargo, en este caso, la velocidad de difusión será menor ya que dependerá de las propiedades fisicoquímicas del fluido (punto de inflamación o *flash point*) y de la temperatura ambiente.

Las **nieblas** se forman, normalmente, por acción mecánica en procesos con líquidos tales como nebulización, pulverización, inyección, dispersión, etc. en los que pequeñas gotas quedan suspendidas en forma de nube en el aire. Las nieblas formadas a partir de líquidos inflamables y combustibles son susceptibles de formar atmósferas explosivas, incluso a temperaturas inferiores al punto de inflamación (*flash point*). Estas gotículas favorecerán la evaporación del líquido que las forma y, por tanto, a efectos de medidas preventivas, medios de protección y equipos a utilizar, suelen considerarse como vapor.

⁴ Entre la normativa específica se encuentran:

- Reglamento (CE) n° 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) n° 1907/2006.
- Reglamento (UE) 2015/830 de la Comisión de 28 de mayo de 2015 por el que se modifica el Reglamento (CE) no 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH).



Figura 3. Uno de los procesos donde es normal la formación de nieblas es pintura por proyección. Si esta pintura o sus disolventes son inflamables, se podría formar una ATEX.

El **polvo combustible** es materia particulada finamente dividida sin importar su tamaño, forma o composición química, que presenta un riesgo de incendio o explosión cuando se encuentra suspendida en el aire o en el medio de oxidación específico al proceso en una gama de concentraciones⁵. A pesar de que las partículas de un polvo combustible pueden ser de cualquier tamaño, con carácter general, las partículas con un tamaño superior a 0,5 mm tienen una baja probabilidad de inflamación y explosión.

Por otra parte, generalmente sólo los productos que estén en su estado final de oxidación no serán susceptibles de producir o alimentar un proceso de combustión, que puede ser una explosión si se dan las condiciones adecuadas.

La dispersión de estas partículas sólidas en el aire formando una nube de polvo puede producirse por acción mecánica externa como acciones de molienda o cribado, transporte, llenado o vaciado, etc. Así mismo, malas prácticas como limpieza por soplado o barrido, entre otras, también pueden dar lugar a ATEX.

En el caso de materia particulada, tanto polvos como nieblas, el grado de dispersión suficiente en el aire, para producir una atmósfera explosiva, sólo se consigue si el tamaño de las gotículas o de las partículas es suficientemente pequeño para posibilitar el mantenimiento de las mismas en suspensión, ya que en caso contrario se depositarían.

Hay que prestar especial atención a las denominadas “mezclas híbridas” que son aquellas mezclas de aire y sustancias inflamables en distintos estados físicos

(materia particulada y gases o vapores inflamables) a temperatura y presión atmosférica. En estos casos, las condiciones de formación de la mezcla explosiva o de su ignición puede variar con respecto a las correspondientes a cada uno de sus componentes por separado, es decir, la explosión se puede producir a concentraciones inferiores a la concentración mínima o al límite inferior de explosividad de cada componente individual.

La mayor parte de gases, vapores y nubes de polvo inflamables son susceptibles de explotar si se inflaman bajo ciertas condiciones:

- **Mezcla del combustible-comburente.** Cada sustancia, ya esté en forma de gas, vapor, niebla o polvo, tiene un rango de concentración en el aire dentro del cual, la mezcla sustancia inflamable-aire tiene propiedades explosivas; pero, si la concentración es inferior o superior a los extremos (límites) que definen su rango de explosividad, no se produciría la explosión, aunque el grado de dispersión fuese propicio.

El rango de explosividad de las sustancias inflamables se obtiene a partir de un ensayo normalizado en condiciones definidas de presión y temperatura, por tanto, será propio para cada mezcla de sustancia inflamable con el aire. Además, el valor obtenido varía sensiblemente con la temperatura⁶ y la presión y según las condiciones de ensayo, fuentes de inflamación, dimensiones del recipiente, etc.

Estos datos se suelen encontrar en las fichas de datos de seguridad bajo la denominación de LIE (Límite Inferior de Explosividad) y LSE (Límite Superior de Explosividad)⁷. Vienen dados en forma de porcentaje en volumen y/o en masa por unidad de volumen.

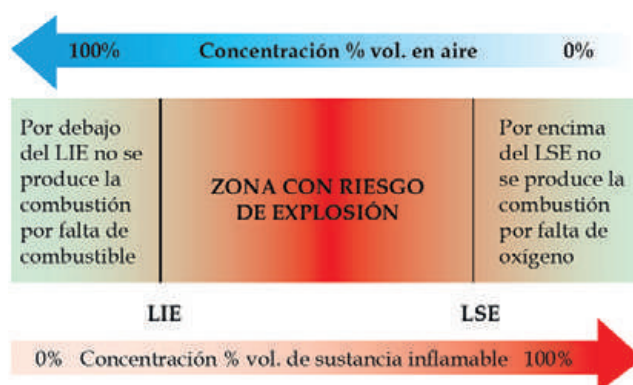


Figura 4. Rango de explosividad de una sustancia inflamable.

⁵ NFPA 654 Standard on the fundamentals of combustible dust.

⁶ El rango de explosividad se amplía con el incremento de temperatura, de forma que el LIE es menor y el LSE es mayor. Se puede estimar mediante la fórmula siguiente:

$$LIE_t = LIE_{25^\circ\text{C}} - (0,8LIE_{25^\circ\text{C}} \times 10^{-3})(t-25)$$

$$LSE_t = LSE_{25^\circ\text{C}} - (0,8LSE_{25^\circ\text{C}} \times 10^{-3})(t-25)$$

Siendo t la temperatura a la cual se encuentra la sustancia en grados centígrados ($^\circ\text{C}$).

La variación es de un 8% ante un aumento de temperatura de 100°C (Bodurtha, F.T. Industrial Explosion Prevention and Protection. New York, McGraw-Hill Book Company, 1980).

⁷ También se encuentran estos datos en bibliografía especializada y en normas técnicas como en la UNE 202007 IN: 2006.

Para el caso de nube de polvo, el rango de concentración explosiva dependerá además de la granulometría. Normalmente en el lugar de trabajo no se presentará una mezcla homogénea de polvo-aire formando atmósfera explosiva, por tanto, los valores del rango de concentraciones límites explosivos para polvos deberían usarse solamente como referencia⁸.

- **Fuente de ignición:** La reacción de un producto al explotar es siempre una reacción de oxidación. Para que se inicien estas reacciones se necesita una ener-

gía mínima de activación que produzca la inflamación y que la combustión se propague a la mezcla no quemada. En muchos casos, no son necesarias energías de activación muy elevadas y, una vez desencadenada la reacción, el calor generado suele ser suficiente para que se automantenga la reacción.

La evaluación de riesgos debe permitirnos conocer si puede darse la concurrencia de los factores necesarios para que se produzca una explosión y sobre cuál de ellos es más fácil actuar para que finalmente no ocurra.

CAPÍTULO II

Obligaciones del empresario

Artículo 3. Prevención de explosiones y protección contra estas

Con objeto de prevenir las explosiones, de conformidad con el artículo 15.1 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y de proporcionar una protección contra ellas, el empresario deberá tomar medidas de carácter técnico y/u organizativo en función del tipo de actividad, siguiendo un orden de prioridades y conforme a los principios básicos siguientes: impedir la formación de atmósferas explosivas o, cuando la naturaleza de la actividad no lo permita, evitar la ignición de atmósferas explosivas y atenuar los efectos perjudiciales de una explosión de forma que se garantice la salud y la seguridad de los trabajadores.

Estas medidas se combinarán o completarán, cuando sea necesario, con medidas contra la propagación de las explosiones. Se revisarán periódicamente y, en cualquier caso, siempre que se produzcan cambios significativos.

Las medidas preventivas finalmente adoptadas o planificadas deben ser conformes al orden de prioridades que se establece en los principios generales de la acción preventiva definidos en el artículo 15.1 de la Ley 31/1995 (véase figura 5).

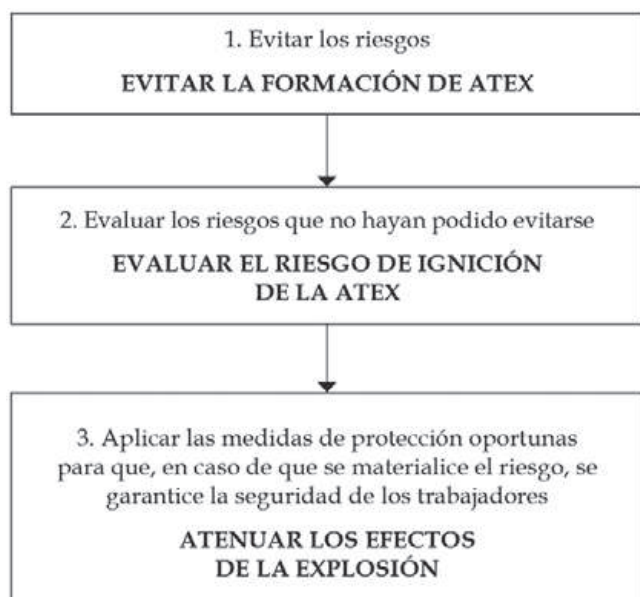


Figura 5. Principios para la prevención y protección frente a atmósferas explosivas.

1. En toda acción preventiva, la primera actuación es siempre **evitar** los riesgos impidiendo la formación de la atmósfera explosiva al actuar sobre la fuente, es decir, impidiendo la liberación o difusión de cualquier sustancia inflamable en el ambiente de trabajo o evitando su mezcla con el aire en concentraciones peligrosas. La imposibilidad de que una mezcla inflamable entre en contacto con una fuente de ignición, que le suministre la energía de activación necesaria para iniciar la reacción, es también un método de control de riesgos siempre y cuando exista un control sobre la atmósfera explosiva que se haya formado. Por tanto, es imprescindible el uso de equipos e instalaciones adecuados (véase apéndice 4), para que estos no sean fuente de ignición.
2. Se **evaluarán los riesgos** que no puedan evitarse estimando la probabilidad de formación de una atmósfera explosiva, su extensión y duración, la posibilidad de entrar en contacto con una fuente de ignición y consecuencias finales, según lo indicado en el artículo 4 del Real Decreto 681/2003.
3. Por último, se tendrán en cuenta las **medidas de protección que atenúen los efectos de la explosión**, que pueden ir desde la implantación de ba-

⁸ En la bibliografía especializada se encuentran tablas con datos de los parámetros más importantes de explosividad, por ejemplo: Tabla A1 del Apéndice de Dust Explosions in the Process Industries. Eckhoff, R.K. Oxford, Butterworth-Heinemann, 1991.

rreras físicas que eviten los efectos del calor y de las ondas de presión, hasta la orientación de la explosión y sus efectos hacia lugares o espacios donde no causen daños personales, y donde los posibles daños materiales sean minimizados por la interposición de elementos estructurales de baja resistencia como, por ejemplo, paneles de venteo, con el fin de facilitar la liberación de energía.

Todas estas medidas pueden ser de carácter técnico, si actúan modificando los parámetros que originan la formación de una atmósfera explosiva, o de carácter organizativo, si modifican la forma de trabajo.

En el anexo II del Real Decreto 681/2003 se indican medidas preventivas técnicas y organizativas, y en el apéndice 2 de esta guía se desarrollan algunas de ellas.

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.

El principio básico frente a los riesgos de explosión debe ser evitar el riesgo de formación de ATEX. Por tanto, como se indica en el artículo 3 del Real Decreto 681/2003, las primeras actuaciones irán encaminadas a:

1. Evitar la presencia de sustancias inflamables.
2. Evitar la mezcla de estas sustancias con el aire.

Si ninguna de estas dos opciones fuese viable, existe la posibilidad de que se forme atmósfera explosiva y, por tanto, hay que evaluar el riesgo. En el artículo 4 del Real Decreto 681/2003 se indican unos pasos básicos para realizar dicha evaluación:

a) *La probabilidad de formación y la duración de la atmósfera explosiva.*

Se analizará la frecuencia con que se produce la mezcla de la sustancia inflamable con el aire, es decir, si se produce de forma permanente, a intervalos definidos o si es improbable que se produzca. Con esta indicación, en el artículo 4 se presenta una forma de evaluar que se utilizará para la posterior clasificación en zonas (artículo 7 y anexo I), ya que se reproduce este concepto.

Respecto a la duración, se debe partir de la base de que no se debe permitir la existencia permanente de una atmósfera explosiva. Por tanto, se deben contemplar las medidas necesarias, como sistemas de detección continua y medidas de control, para que la duración y el volumen del escape siempre sean mínimos.

b) *La probabilidad de la presencia y activación de focos de ignición, incluidas las descargas electrostáticas.*

Hay que evaluar cualquier fuente de ignición que pueda aparecer en las áreas donde puedan formarse atmósferas explosivas. Estas fuentes de ignición pueden ser fijas (aparatos y equipos fijos situados en zonas de riesgo) o pueden introducirse en las áreas de riesgo en razón de las actividades a realizar (equipos portátiles o medios de mantenimiento y transporte). Estos equipos y medios deben cumplir la normativa que les sea de aplicación y en cualquier caso se debe evaluar su idoneidad respecto al riesgo de explosión.

Habrà que evaluar especialmente las actividades que se realizan en las áreas de riesgo y los equipos que en estas intervienen (véase apéndice 4 de esta guía técnica), incluido el uso de herramientas manuales.

Las descargas electrostáticas pueden darse tanto por las condiciones de desarrollo del proceso como por carga acumulada por los trabajadores, por ello tendrán que evaluarse todas las circunstancias en que puedan producirse dichas descargas electrostáticas (véase apéndice 5 de esta guía técnica).

c) *Las instalaciones, las sustancias empleadas, los procesos industriales y sus posibles interacciones.*

De manera general, las fases de la evaluación del riesgo comprenderán:

- Identificación de las sustancias susceptibles de formar atmósfera explosiva.
- Análisis de instalaciones, procesos industriales, equipos, etc., especialmente los puntos y activi-

dades donde las sustancias inflamables que intervienen se pueden mezclar con el aire formando atmósfera explosiva. Al analizar la presencia de sustancias inflamables, se considerarán tanto las materias primas utilizadas y los productos finales como las posibles sustancias inflamables intermedias que puedan producirse durante el proceso.

- Interacciones entre equipos, instalaciones, procesos y actividades que puedan dar lugar a una mezcla de la sustancia inflamable con el aire.

d) *Las proporciones de los efectos previsibles.*

Para minimizar los efectos de la explosión se evitará su propagación a lo largo de la instalación, ya que se aumenta la probabilidad de provocar incendios y otras explosiones aumentando los efectos dañinos y destructivos. Evaluar los efectos particulares de una explosión puede requerir cálculos complejos, por tanto, hay que tender siempre a evitar que estos puedan ser multiplicativos al afectar a equipos y procesos adyacentes propagándose a zonas donde se hayan establecido puestos de trabajo.

La evaluación de los riesgos de explosión debe contemplar todas las actividades que se realicen en la empresa, tanto las actividades rutinarias de proceso como las actividades periódicas, tales como limpieza, mantenimiento,

revisiones, etc. Igualmente, la evaluación de riesgos contemplará todas las fases de la actividad: arranque, régimen de trabajo, parada, disfuncionamientos previsibles, así como posibles errores de manipulación. Así mismo, dicha evaluación debe ser global valorando en su conjunto los equipos existentes, las características de construcción de los mismos, las materias utilizadas, las condiciones de trabajo y los procedimientos, así como las posibles interacciones de estos elementos entre sí y con el entorno de trabajo. La evaluación de riesgos debe mantenerse actualizada y revisarse periódicamente, especialmente antes de comenzar cualquier nueva actividad y/o proceso o antes de reanudar la actividad en caso de haber realizado modificaciones y/o reformas en una planta o proceso existente, incluyendo el hecho de que se introduzcan nuevas sustancias o fórmulas diferentes.

El riesgo de explosión es siempre un riesgo grave, ya que las consecuencias en caso de materializarse son graves o muy graves. Por eso, este riesgo debe estar controlado y las medidas preventivas a tomar deberían tener un carácter prioritario.

En el apéndice 1 de esta guía técnica se dan indicaciones sobre quién debe realizar la evaluación de riesgos y en el apéndice 2 se profundiza sobre determinados aspectos de la evaluación de riesgos derivados de atmósferas explosivas.

2. En la evaluación de los riesgos de explosión se tendrán en cuenta los lugares que estén o puedan estar en contacto, mediante aperturas, con lugares en los que puedan crearse atmósferas explosivas.

Cuando no se pueda evitar la presencia de atmósfera explosiva o no esté confinada y controlada, se debe prestar especial atención a los lugares que están o pueden quedar comunicados con las áreas de riesgo a través de aberturas, ya que por su propia naturaleza las sustancias que forman la atmósfera explosiva pueden desplazarse acumulándose en zonas no protegidas. Por ejemplo:

- Si el gas o vapor es menos denso que el aire, tenderá a ascender acumulándose en falsos techos, por ejemplo, o filtrándose a través de rejillas y conductos. Si es más denso, tenderá a descender acumulándose a ras de suelo.

- Los derrames de líquidos inflamables deben ser controlados y eliminados evitando su filtración en materiales porosos y acumulación en zonas poco accesibles.
- El polvo es siempre más denso que el aire, por tanto, tiende a depositarse. En ausencia de ventilación o de procesos externos, las partículas más finas permanecerán más tiempo en suspensión. El polvo puede acumularse en cualquier parte dentro del volumen ocupado por la nube. Hay que evaluar toda la zona afectada incluyendo los puntos menos accesibles como pueden ser canaletas de cables, estanterías en altura, parte superior de los equipos, etc., ya que en estas zonas puede acumularse el polvo que se encuentra en suspensión.

Artículo 5. Obligaciones generales

Con objeto de preservar la seguridad y la salud de los trabajadores, y en aplicación de lo establecido en los artículos 3 y 4, el empresario tomará las medidas necesarias para que:

- a) En los lugares en los que puedan formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que puedan poner en peligro la salud y la seguridad de los trabajadores o de otras personas, el ambiente de trabajo sea tal que el trabajo pueda efectuarse de manera segura.
- b) En los ambientes de trabajo en los que puedan formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que puedan poner en peligro la salud y la seguridad de los trabajadores, se asegure, mediante el uso de los medios técnicos apropiados, una supervisión adecuada de dichos ambientes, con arreglo a la evaluación de riesgos, mientras los trabajadores estén presentes en aquéllos.

Del cumplimiento de los artículos 3 y 4 del Real Decreto 681/2003 se desprende que se habrá hecho todo lo posible para eliminar el riesgo o bien que habrá sido evaluado y controlado, adoptando las medidas preventivas necesarias para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores. Sin embargo, pueden darse circunstancias en las que sea necesario garantizar que las condiciones ambientales seguras se mantienen en el momento de desarrollar el trabajo en cuyo caso será necesario prever una supervisión de dichas condiciones antes de comenzar los trabajos.

El empresario debe establecer:

- *Cuándo se va a realizar la supervisión del ambiente.*

La supervisión será necesaria en el caso de realizar actividades que, por su naturaleza o por los equipos que se utilizan, pueden generar o aumentar el riesgo de explosión. Es decir: para realizar una actividad que implique fuentes de ignición en un área donde puede formarse una atmósfera explosiva, se necesita constatar que efectivamente no hay atmósfera explosiva en el ambiente y que no se producirá hasta que hayan finalizado los trabajos. Otro caso en que sería necesario realizar la supervisión del ambiente es cuando para garantizar la seguridad hay que limitar la temperatura o cualquier otro parámetro ambiental y, por tanto, se tiene que controlar que el límite no se alcance. Igualmente se deben supervisar las condiciones ambientales siempre que se modifiquen las condiciones de las áreas susceptibles de presencia de atmósferas explosivas.

- *Cómo se realiza la supervisión del ambiente.*

Normalmente la supervisión va a consistir en el control de las condiciones ambientales que se consideran seguras respecto al riesgo de explosión. Puede consistir en: la detección de una sustancia inflamable en el ambiente y sus concentraciones, el control de temperatura, el control de las condiciones de ventilación, etc., requiriéndose, en la mayoría de las veces, la realización de mediciones o vigilancia de paneles de control.

En el caso de riesgo de formación de atmósfera explosiva por nube de polvo, normalmente la supervisión consistirá en la verificación de que no existen capas de polvo que puedan ponerse en suspensión, verificación de estanqueidad, limpieza, etc.

En cualquier caso, la supervisión del ambiente seguirá un procedimiento que indique, entre otros, en qué va a consistir, cómo se va a realizar (equipos con los que se va a realizar, número de mediciones, etc.), su periodicidad, los intervalos de seguridad, los valores límites, quién debe efectuarla, los resultados válidos para poder realizar la actividad y las acciones a realizar en caso de que la concentración ambiental se aproxime a estos o una vez se hayan superado. Todo ello en consecuencia con los resultados de la evaluación de riesgos.

Los resultados de la supervisión deben garantizar que la operación se va a realizar en condiciones seguras. El ambiente de trabajo seguro frente al riesgo de explosión se puede concretar en diferentes aspectos:

- No existe atmósfera explosiva, ni se puede formar.
- El trabajo se realiza con la garantía de que no se producirá la inflamación de una posible atmósfera explosiva por la ausencia de fuentes de ignición o adopción de medidas que eviten la activación de las fuentes de ignición.
- La posible inflamación de la atmósfera explosiva no causará daños a los trabajadores.

Normalmente la necesidad de realizar la supervisión del ambiente irá acompañada de medidas organizativas de prevención incluyendo, por ejemplo, permisos de trabajo que garanticen, entre otras cosas, que se ha realizado o se está realizando la supervisión del ambiente mientras se desarrolla la actividad.

Sobre la supervisión del ambiente de trabajo, se detalla más información en el apéndice 1 de esta guía técnica.

Artículo 6. Obligación de coordinación

Cuando en un mismo lugar de trabajo se encuentren trabajadores de varias empresas, cada empresario deberá adoptar las medidas que sean necesarias para la protección de la salud y la seguridad de sus trabajadores, incluidas las medidas de cooperación y coordinación a que hace referencia el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. Sin perjuicio de ello y en el marco de lo dispuesto en el citado artículo, el empresario titular del centro de trabajo coordinará la aplicación de todas las medidas relativas a la seguridad y la salud de los trabajadores y precisará, en el documento de protección contra explosiones a que se refiere el artículo 8, el objeto, las medidas y las modalidades de aplicación de dicha coordinación.

Los diferentes tipos de relaciones que se pueden dar entre empresas o trabajadores autónomos coincidentes en un mismo centro de trabajo se encuentran regu-

lados en el Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales,

Condición de la empresa	Obligaciones coordinación con las empresas y trabajadores autónomos concurrentes
Titular (tiene la capacidad de gestionar el centro de trabajo)	- Informar⁹ y dar instrucciones a los concurrentes sobre: • Riesgos asociados al lugar de trabajo y las medidas de prevención correspondientes • Actuaciones en caso de emergencia - Precisar las medidas y modalidades de coordinación en el DPCE. - Coordinar la aplicación del DPCE cuando se realicen actividades concurrentes con riesgo de explosión.¹⁰
Principal	- Informar sobre los riesgos asociados a las actividades contratadas de acuerdo con el DPCE. - Vigilar el cumplimiento de la normativa de prevención de riesgos laborales.

Tabla 1. Obligaciones de coordinación.

en materia de coordinación de actividades empresariales. 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 empresa o trabajador autónomo concurrente que puedan afectar a los trabajadores de las demás empresas. La forma de coordinación será más o menos compleja dependiendo de la peligrosidad de dichas actividades, del número de trabajadores y de la duración de la concurrencia, llegando incluso a tomar la opción de designar a personas encargadas de esa función y establecer instrucciones de trabajo por escrito (véase tabla 1).

En relación con la coordinación de actividades, la *Guía técnica sobre la Integración de la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa*, así como las *NTP 918, 919, 1052 y 1053*, elaboradas por el INSST ofrecen orientaciones y herramientas que facilitan la integración de la gestión de la coordinación de actividades empresariales.

En general, en lo referente al riesgo de explosión, será importante coordinarse sobre:

- Las zonas en que existe o se puede formar una at-

mósfera 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.

Las consecuencias del riesgo de explosión son siempre graves cuando afectan a los trabajadores, por tanto, esta información se debería facilitar por escrito, antes del inicio de la actividad y ante cualquier modificación que deba ser tomada en cuenta para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores.

Este deber de coordinación será de aplicación a todas las empresas y trabajadores autónomos concurrentes en el centro de trabajo, existan o no relaciones jurídicas entre ellos.

Artículo 7. Áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas

1. El empresario deberá clasificar en zonas, con arreglo al anexo I, las áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas.
2. El empresario deberá garantizar, en las áreas a que se refiere el apartado 1, la aplicación de las disposiciones mínimas establecidas en el anexo II.
3. Sin perjuicio de lo establecido en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, 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 arreglo a lo dispuesto en el anexo III.

El objetivo de la clasificación de zonas es delimitar las áreas en que se pueden formar atmósferas explosivas para tomar las medidas preventivas consecuentes en cuanto a equipos a utilizar en dichas áreas, actividades permitidas y procedimientos de trabajo a seguir.

Esta clasificación, como ya se adelantaba en el artículo 4 del Real Decreto 681/2003 al evaluar los riesgos, tendrá en cuenta, entre otros aspectos, la probabilidad de formación y duración de la atmósfera explosiva, según los conceptos del anexo I de dicho real decreto.

⁹ La información deberá ser suficiente y habrá de proporcionarse antes del inicio de las actividades y cuando se produzca un cambio en los riesgos propios del centro de trabajo. Además, debe ser por escrito cuando los riesgos propios del centro de trabajo sean calificados como graves o muy graves.

¹⁰ Estas obligaciones son las mismas que se establecen en el artículo 8 del Real Decreto 171/2004. Puede resumirse en la obligación que tiene cada empresario de recopilar la información relativa a las actividades que sean peligrosas por el hecho de darse una concurrencia de trabajadores de diferentes empresas, para posteriormente elaborar e implantar las instrucciones que se consideren necesarias para la prevención de los riesgos y protección de los trabajadores.

En el anexo II del Real Decreto 681/2003 se presentan medidas adecuadas para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, que se aplicarán a las zonas clasificadas y de acuerdo con los resultados de la evaluación de riesgos.

Por último, en las zonas con riesgo de ATEX deberá colocarse la señal específica sobre el riesgo de explo-

sión que se determina en el anexo III del Real Decreto 681/2003, sin perjuicio de lo dispuesto en el [Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo](#).

Artículo 8. Documento de protección contra explosiones

En cumplimiento de las obligaciones establecidas en el artículo 4, el empresario se encargará de que se elabore y mantenga actualizado un documento, denominado en adelante documento de protección contra explosiones. Dicho documento de protección contra explosiones deberá reflejar, en concreto:

- a) Que se han determinado y evaluado los riesgos de explosión.
- b) Que se tomarán las medidas adecuadas para lograr los objetivos de este real decreto.
- c) Las áreas que han sido clasificadas en zonas de conformidad con el anexo I.
- 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.

El documento de protección contra explosiones se elaborará antes de que comience el trabajo y se revisará siempre que se efectúen modificaciones, ampliaciones o transformaciones importantes en el lugar de trabajo, en los equipos de trabajo o en la organización del trabajo.

El documento de protección contra explosiones formará parte de la documentación a que se refiere el artículo 23 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y podrá constituir un documento específico o integrarse total o parcialmente con la documentación general sobre la evaluación de los riesgos y las medidas de protección y prevención.

Concepto

El 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. Es obligación del empresario evaluar los riesgos y adoptar las medidas preventivas y de protección precisas para evitar daños a los trabajadores. Concretamente, el Real Decreto 681/2003 exige la evaluación de los riesgos de explosión en su artículo 4, la clasificación de zonas de acuerdo con su anexo I y la adopción de las medidas oportunas indicadas en su anexo II.

El DPCE formará parte de la documentación a que se refiere el artículo 23 de la Ley 31/1995, y podrá constituir un documento específico o integrarse total o parcialmente con la documentación general sobre la evaluación de los riesgos y las medidas de protección y prevención puesto que muchas de las acciones a las que obliga ya se habrán realizado y estarán convenientemente reflejadas y documentadas siguiendo las obligaciones generales de prevención.

Contenido

Los aspectos mínimos que debe disponer el DPCE se recogen en el artículo 8 del Real Decreto 681/2003.

A continuación, se analizan los aspectos específicos a reflejar en el DPCE:

- a. *Que se han determinado y evaluado los riesgos de explosión.*

La evaluación del riesgo de explosión responde a la obligación general de evaluación de riesgos presentes en el lugar de trabajo. El Real Decreto 681/2003 obliga específicamente, en su artículo 4, a realizar la evaluación del riesgo de explosión. Este apartado del DPCE puede referirse a dicha evaluación que a su vez podría estar ya incluida en la evaluación general de riesgos realizada por el empresario en cumplimiento de la Ley 31/1995.

- b. *Que se tomarán las medidas adecuadas para lograr los objetivos del Real Decreto 681/2003.*

El principal objetivo del Real Decreto 681/2003 es garantizar la seguridad y salud de los trabajadores expuestos al riesgo de explosión, por tanto, en este

punto, se indicarán las medidas preventivas y de protección adoptadas para minimizar los riesgos de explosión que no hayan podido ser evitados. Dichas medidas también podrían estar ya incluidas en la planificación de la actividad preventiva general de la empresa. Si fuese este el caso, el DPCE podría hacer referencia a ellas sin necesidad de duplicar la información.

- c. *Las áreas que han sido clasificadas en zonas, de conformidad con el anexo I del Real Decreto 681/2003.*

Las áreas donde existe riesgo de atmósfera explosiva se deben clasificar en zonas. La clasificación de la zona dependerá de la naturaleza de la sustancia que la provoque (gas, vapor, niebla o polvo), y en función de la frecuencia y duración de la atmósfera explosiva según indica el anexo I del Real Decreto 681/2003.

El Real Decreto 842/2002, REBT, en su ITC-BT 29, define el mismo concepto de clasificación de zonas para evitar el riesgo de explosión por fuentes de ignición de origen eléctrico. Dicha clasificación, aunque puede servir de orientación, no exime de las obligaciones del Real Decreto 681/2003 que abarca el riesgo de explosión sea cual sea la sustancia que lo origine y la fuente de ignición que pueda iniciar la inflamación de la atmósfera explosiva. Por tanto, pueden existir en la empresa áreas peligrosas por la presencia de atmósferas explosivas y fuentes de ignición que no sean de origen eléctrico y que no hayan sido clasificadas según el REBT.

- d. *Las áreas en que se aplicarán los requisitos mínimos establecidos en el anexo II del Real Decreto 681/2003.*

En las zonas donde exista riesgo de atmósfera explosiva se deben aplicar medidas preventivas para garantizar la seguridad y la protección de la salud de los trabajadores. Para ello, se deben tener en cuenta las disposiciones mínimas recogidas en el anexo II del Real Decreto 681/2003 pudiendo no ser necesario aplicar todas ellas. Estas medidas preventivas ya podrían haber sido consideradas formando parte de la planificación general de prevención de la empresa. En ese caso, al igual que en puntos anteriores, no tendría que repetirse en el DPCE y podrían simplemente estar referenciadas.

- 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, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo para que los equipos de trabajo se utilicen en condiciones seguras.*

Estos dos aspectos del DPCE hacen referencia a condiciones generales de seguridad de los equipos de trabajo (Real Decreto 1215/1997) que se encuentren y se empleen en las zonas clasificadas.

En el apartado 1.11 del anexo II del Real Decreto 1215/1997 se establece que, en ambientes especiales, como es el caso de las atmósferas explosivas, no se emplearán equipos de trabajo que en dicho entorno supongan un peligro para la seguridad de los trabajadores. Esta aseveración supone que los equipos no deben limitarse sólo a cumplir una serie de criterios en cuanto a su fiabilidad constructiva, sino que deben ser adecuados para ser utilizados específicamente en las zonas clasificadas por riesgo de explosión. Las medidas aplicadas así como los criterios seguidos, para garantizar la seguridad de los equipos no sometidos a legislación específica ([Real Decreto 144/2016, de 8 de abril, por el que se establecen los requisitos esenciales de salud y seguridad exigibles a los aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas y por el que se modifica el Real Decreto 455/2012, de 5 de marzo, por el que se establecen las medidas destinadas a reducir la cantidad de vapores de gasolina emitidos a la atmósfera durante el repostaje de los vehículos de motor en las estaciones de servicio](#)), deberán estar expresamente detallados en el DPCE.

Además, como parte de la evaluación de riesgos, en el DPCE, y siempre que no figure en otra documentación de la empresa a la que se pueda hacer referencia, se deberá reflejar también:

- La metodología de evaluación del riesgo de atmósferas explosivas.
- La planificación de puesta en marcha de las medidas preventivas.
- La validación de dichas medidas en cuanto a eficacia, posibles riesgos residuales...
- El contenido y planificación de la formación que deben recibir los trabajadores involucrados.
- El seguimiento y revisión periódica de la evaluación realizada, así como de las medidas preventivas adoptadas, de acuerdo con posibles modificaciones de actividad, reformas del lugar de trabajo, incorporación de nuevos trabajadores, evolución de la tecnología, etc.
- Los procedimientos de trabajo a aplicar para realizar determinadas actividades en las zonas clasificadas.
- Las actividades que requerirán permisos de trabajo antes de acometerse en las zonas clasificadas.
- Identificación de los trabajos o tareas ligadas a actividades de riesgo especial que den lugar a la presencia de los recursos preventivos.

El DPCE debe adaptarse a las condiciones operativas existentes en cada caso y, como parte de la documentación preventiva de la empresa, debe cumplir los requi-

sitos generales exigidos por la legislación preventiva en cuanto a su realización, su mantenimiento y revisión, la consulta y participación de los trabajadores, etc.

Necesidad de realizar el DPCE

Siempre que existan o puedan aparecer sustancias inflamables en la empresa en forma de gas, vapor,

niebla o polvo y puedan mezclarse con el aire en cantidades peligrosas existe riesgo de explosión y, por tanto, es necesario que dicho riesgo sea evaluado y controlado.

En relación con su realización, en la [NTP 826](#), elaborada por el INSST, se proporcionan herramientas necesarias para ello.

Disposición adicional única. Aplicación a los equipos de trabajo destinados a ser utilizados en lugares en los que puedan formarse atmósferas explosivas y que ya se estén utilizando

1. Los equipos de trabajo destinados a ser utilizados en lugares en los que puedan formarse atmósferas explosivas, que ya se estén utilizando o se hayan puesto a disposición para su uso por primera vez en una empresa antes del 30 de junio de 2003, deberán cumplir a partir de dicha fecha el apartado A del anexo II, sin perjuicio de lo establecido en el artículo 1.2 de este real decreto.
2. El apartado B del anexo II no será de aplicación a los equipos de trabajo a que se refiere el apartado 1 de esta disposición adicional.

De acuerdo con esta disposición adicional, se permitía la continuidad del uso y puesta a disposición de aparatos conformes a la reglamentación nacional existente antes de la entrada en vigor del Real Decreto 400/1996 hasta el 30 de junio de 2003 (véase el esquema del apéndice 4) siempre y cuando cumplieran los requisitos indicados en el anexo II.A del Real Decreto 681/2003.

En el Anexo II.B del Real Decreto 681/2003 se establece que los aparatos y sistemas de protección en las áreas en que puedan formarse atmósferas explosivas:

- Comercializados o puestos por primera vez en el mercado europeo **entre el 30 de junio de 2003 y el 20 de abril de 2016**, deben estar certificados conforme al Real Decreto 400/1996.
- Comercializados o puestos por primera vez en el mercado europeo **a partir del 20 de abril de 2016**, deben estar certificados conforme al Real Decreto 144/2016.

Respecto a otra legislación aplicable a estos aparatos se puede citar la siguiente:

- [Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y](#)

[puesta en servicio de las máquinas](#). En el apartado 1.5.7 del Anexo I de dicho real decreto se establece:

“Explosión. – La máquina se debe diseñar y fabricar de manera que se evite cualquier riesgo de explosión provocado por la propia máquina o por los gases, líquidos, polvos, vapores y demás sustancias producidas o utilizadas por la máquina.

En lo que respecta a los riesgos de explosión debidos a la utilización de la máquina en una atmósfera potencialmente explosiva, la máquina deberá ser conforme a las disposiciones de transposición de las directivas comunitarias específicas”.

- ITC-BT-29: Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión del REBT.
- Real Decreto 1215/1997.

Para realizar la evaluación de estos aparatos y sistemas puede ser de ayuda seguir los requisitos generales del anexo II.1 del Real Decreto 144/2016.

Disposición transitoria única. Plazo de aplicación de la nueva normativa a los lugares de trabajo

1. Los lugares de trabajo que contengan áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas y que ya se hayan utilizado antes del 30 de junio de 2003 deberán cumplir las disposiciones mínimas contenidas en este real decreto a más tardar tres años después de dicha fecha.
2. El plazo de tres años a que se refiere el apartado anterior no será de aplicación a las modificaciones, ampliaciones y remodelaciones de los lugares de trabajo que contengan áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas, efectuadas después del 30 de junio de 2003, que deberán cumplir las disposiciones de este real decreto desde la fecha de su entrada en vigor.

Todos los lugares de trabajo que contengan áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas deben cumplir con las disposiciones mínimas contenidas en

el Real Decreto 681/2003 ya que se ha cumplido el plazo transitorio de aplicación del mismo.

Disposición final primera. Elaboración y actualización de la guía técnica

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 5.3 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, elaborará y mantendrá actualizada una guía técnica de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas.

En particular, dicha guía deberá proporcionar información orientativa que pueda facilitar al empresario la elaboración del documento de protección contra explosiones al que hace referencia el artículo 8 de este real decreto.

Disposición final segunda. Facultad de desarrollo

Se autoriza al Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales y al Ministro de Ciencia y Tecnología, previo informe de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, a dictar cuantas disposiciones sean necesarias para la aplicación y desarrollo de este real decreto, así como para las adaptaciones de carácter estrictamente técnico de sus anexos, en función del progreso técnico y de la evolución de las normativas o especificaciones internacionales o de los conocimientos en materia de protección frente a los riesgos derivados de las atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

Disposición final tercera. Entrada en vigor

El presente real decreto entrará en vigor el 30 de junio de 2003.

Dado en Madrid, a 12 de junio de 2003.
JUAN CARLOS R.

El Vicepresidente Primero del Gobierno y Ministro de la Presidencia,
MARIANO RAJOY BREY

ANEXO I**Clasificación de las áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas****Observación preliminar**

Esta clasificación en zonas se aplicará a las áreas en las que deban tomarse las medidas establecidas en los artículos 3, 4, 7 y 8.

Las medidas establecidas en los artículos 3, 4, 7 y 8 del Real Decreto 681/2003 son, en su conjunto, coherentes con la aplicación de los principios preventivos establecidos en el artículo 15 de la Ley 31/1995.

En un primer análisis, es suficiente determinar en qué áreas se utilizan o pueden aparecer sustancias inflamables o combustibles en procesos u operaciones, que hagan posible que pasen al ambiente en una cantidad tal que permita la formación de una atmósfera explosiva. Si se conoce además la frecuencia con la que se produce, se habrá realizado de forma intuitiva una clasificación de áreas (sin delimitación de su extensión).

Esta primera clasificación no conllevaría, en principio, la aplicación de las medidas establecidas en el Anexo II del Real Decreto 681/2003, ni posiblemente su inclusión en las áreas definitivas del DPCE, sino que su

utilidad sería únicamente a efectos de establecer las zonas susceptibles de ser desclasificadas o modificada su clasificación mediante la implantación de medidas preventivas obvias (como la sustitución de sustancias o compuestos, implantación de extracción localizada, garantizar una ventilación natural suficiente...) que, aunque puedan ser complejas, evitarían tener que realizar la clasificación de áreas resolviendo este problema desde el momento inicial.

La clasificación final de zonas será consecuencia de los resultados de la evaluación de riesgos, habida cuenta que antes de proceder a clasificar una zona o puesto de trabajo se habrán considerado todas las posibilidades de eliminación del riesgo y, en su defecto, la disminución de la probabilidad y frecuencia de la posible existencia de ATEX, como se ha comentado en el párrafo anterior.

Las zonas que, por la naturaleza y características de explosividad de los productos empleados y por los

condicionantes del proceso, no se pueden eliminar completamente son las que se deben clasificar.

1. Áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas

Se consideran áreas de riesgo, a los efectos de este real decreto, aquéllas en las que puedan formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores afectados.

Se consideran áreas que no presentan riesgos, a los efectos de este real decreto, aquéllas en las que no cabe esperar la formación de atmósferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales.

La expresión “(...) no cabe esperar la formación de atmósferas explosivas en cantidades tales (...)” indica que el empresario debería evaluar la probabilidad de formación de atmósferas explosivas, así como la cantidad de esta, antes de considerar la clasificación en zonas.

Una zona donde no es posible que se forme una atmósfera explosiva en cantidades tales que requiera precauciones especiales no se considerará zona de riesgo. Se entiende por “precauciones especiales” aquellas dirigidas al control de las posibles emisiones de sustancia inflamable o combustible, control de fuentes de ignición en las áreas peligrosas y aquellas medidas relacionadas con la instalación, actividades y uso de equipos especiales frente al riesgo de explosión.

Se citan a continuación algunos ejemplos de situaciones donde la atmósfera explosiva que se formase no sería peligrosa:

- Un vertido o derrame accidental de una pequeña botella de disolvente emitiría una cantidad pequeña de atmósfera inflamable y no sería necesario aplicar otras precauciones especiales aparte de las medidas generales establecidas para el tratamiento del vertido y su eliminación, y el control de fuentes de ignición. Por lo tanto, no se clasificaría como zona peligrosa.
- Sustancias inflamables en pequeños envases adecuadamente cerrados para su comercialización no formarían atmósferas explosivas peligrosas en circunstancias normales y, por tanto, no se requeriría su clasificación como área peligrosa. Sin embargo, sí se clasificarían como área peligrosa los contenedores previstos para almacenar grandes cantidades de estos envases.
- Una capa homogénea de pequeño espesor (visible) de polvo combustible puede formar mezcla explosiva. En el caso de capas de polvo combustible, el área se considera de no riesgo cuando dicha capa

es eliminada (generalmente, mediante limpieza que no levante polvo) de forma rápida y eficaz antes de que exista la posibilidad de formación de concentraciones explosivas de polvo combustible con aire (véase figura 6).



Figura 6. La existencia de capas finas de polvo depositado pueden ser suficientes para formar una atmósfera explosiva peligrosa. Cuanto más fino y seco sea el polvo inflamable, mayor peligrosidad. El polvo depositado debe ser eliminado.

No se puede indicar la cantidad máxima de cada sustancia a partir de la cual puede formar una atmósfera explosiva peligrosa, pues depende de las propiedades de cada sustancia; pero, además, para poder determinar esta situación, se deben considerar todos los factores implicados:

- Propiedades fisicoquímicas de las sustancias (LIE).
- Cantidad utilizada para la realización del trabajo. Material de reserva.
- Cantidades utilizadas en otras condiciones, mantenimiento, transvases...
- Condiciones de propagación: puede ocurrir que la explosión sea insignificante en cuanto a los daños que puede causar, pero que pueda iniciar explosiones mayores.

Las sustancias inflamables o combustibles se considerarán sustancias capaces de formar atmósferas explosivas, a no ser que el análisis de sus propiedades demuestre que, mezcladas con el aire, no son capaces por sí solas de propagar una explosión.

Las capas, depósitos y acumulaciones de polvo inflamable deben considerarse como cualquier otra fuente capaz de formar atmósferas explosivas.

Este párrafo indica en sentido amplio que las sustancias con propiedades inflamables o combustibles pueden formar atmósferas explosivas, al mezclarse con el aire. La categorización de sustancias inflamables o combustibles depende del punto de inflamación. Las sustancias inflamables tienen mayor facilidad de arder por tener un punto de inflamación menor que una sustancia combustible.

Las sustancias inflamables con capacidad para formar atmósferas explosivas serán gases, líquidos inflamables y polvos combustibles.

Las sustancias combustibles suelen incluir a los sólidos y a los líquidos capaces de arder. En el caso de líquidos combustibles, estos adquieren la característica de inflamables y, por tanto, de mayor peligrosidad, cuando se calientan a una temperatura igual o superior al punto de inflamación (ignición, destello o “flash point”).

La ignición de la materia sólida se presenta con mayor facilidad cuando esta se encuentra finamente dividida, en forma de polvo, en cuyo caso, si está en suspensión en el aire, puede presentar la característica de polvo

inflamable o explosivo, aunque no todos los polvos dan resultado positivo en el ensayo de explosión.

En el caso de los polvos inflamables, a diferencia de los gases y vapores inflamables, la propagación de la llama no se limita sólo al rango de concentración inflamable. Las partículas de polvo, aunque estén depositadas en forma de capa, siempre contienen cierta cantidad de aire entre dichas partículas permitiendo la propagación de la combustión a través de todo el polvo depositado, aunque sea de manera muy lenta.

Además, el polvo inflamable depositado entraña un potencial de explosión considerable, ya que puede acumularse en cualquier superficie de un área de trabajo pudiendo ponerse en suspensión a partir de ligeras corrientes de aire o como consecuencia de una explosión primaria provocando, en este caso, gran número de explosiones en cadena.

Cualquier depósito de polvo apreciable a simple vista debe ser evitado mediante una adecuada limpieza. En caso de que el polvo depositado permanezca, deberá procederse a la clasificación de la zona.

2. Clasificación de las áreas de riesgo

Las áreas de riesgo se clasificarán en zonas teniendo en cuenta la frecuencia con que se produzcan atmósferas explosivas y su duración. De esta clasificación dependerá el alcance de las medidas que deban adoptarse de acuerdo con el apartado A del anexo II.

La clasificación en zonas tiene como objetivo principal determinar y delimitar las áreas en que se pueden formar atmósferas explosivas, con el fin de adoptar las medidas necesarias para evitar cualquier foco de ignición que pudiera dar lugar a la explosión.

Esta clasificación es una forma de categorizar la peligrosidad del área, debida a la presencia de una atmósfera explosiva, en función de la mayor o menor frecuencia con que se produce y su permanencia. Esta contingencia vendrá dada por la naturaleza y comportamiento de las fuentes de escape y por condicionantes del proceso o trabajo analizado.

Una emisión continua de sustancia inflamable al ambiente dará lugar a una atmósfera explosiva de forma permanente. Cuando la emisión no se produzca de forma permanente, se deberá analizar el intervalo y las circunstancias en que se produce la formación de atmósfera explosiva.

En base a estos principios se procederá a la clasificación de zonas según los conceptos que se indican en este anexo I del Real Decreto 681/2003.

A efectos de esta clasificación, se entenderá por condiciones normales de explotación la utilización de las instalaciones de acuerdo con sus especificaciones técnicas de funcionamiento.

Las condiciones normales de explotación son aquellas previstas por el fabricante e indicadas en el manual del usuario. En cuanto a los disfuncionamientos

previsibles, se considerarán tanto los indicados por el fabricante como aquellos que razonablemente se puedan esperar en la utilización del equipo o instalación.

Las condiciones normales de explotación implicarán por tanto el cumplimiento de las indicaciones del fabricante en cuanto a puesta en servicio, utilización, mantenimiento, revisiones, etc. El no cumplimiento de cualquiera de estos requisitos puede invalidar los sistemas de prevención y protección previstos frente al riesgo de explosión.

Clasificación de zonas

Las áreas con riesgo de formación de atmósferas explosivas se clasificarán en zonas de acuerdo con las definiciones indicadas en el presente anexo.

Para realizar esta clasificación de zonas es necesario conocer:

- Tipo de sustancia que origina la atmósfera explosiva: si es un gas, vapor o niebla o si se forma por materia pulverulenta.
- Existencia de la atmósfera explosiva: si está presente de forma permanente o si la ocurrencia de la atmósfera explosiva será ocasional, debido a circunstancias o actuaciones concretas, y finalmente si sólo se da esporádicamente de forma no previsible.
- Presencia de la atmósfera explosiva. Se clasificará según la duración de dicha atmósfera. En estos casos, siempre se debe partir de la premisa de que cualquier atmósfera explosiva que se produzca va a ser detectada y evitada en el menor tiempo posible, por tanto, se tratará de minimizar al máximo su permanencia.

Zona 0

Área de trabajo en la que una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla está presente de modo permanente, o por un período de tiempo prolongado, o con frecuencia.

Por regla general, no es aceptable la presencia permanente de atmósfera explosiva, por tanto, las condiciones de la zona 0 sólo se darán en el interior de recipientes o instalaciones que pueden entrar en contacto con el aire exterior (evaporadores o recipientes de reacción). También se puede presentar en el exterior alrededor de respiraderos y otras aberturas a las que se pueda aplicar la definición anterior.

A continuación, se presentan unos ejemplos de emplazamientos que se pueden clasificar como zona 0:

- El interior de recipientes de almacenamiento cerrados que contengan líquidos inflamables. Corresponde a recipientes que no están a presión, en cuyo interior puede entrar aire atmosférico por los tubos de venteo o respiraderos, o por la apertura de tapas o registros en operaciones de llenado y vaciado, etc. También por la misma circunstancia podría considerarse zona 0 el entorno próximo a la salida de los tubos de aireación de los depósitos atmosféricos de líquidos inflamables.
- El interior de aparatos de fabricación o de mezcla cerrados. Corresponde a aparatos a presión atmos-

férica que están cerrados sólo durante la operación del proceso. La formación de la atmósfera explosiva tiene lugar de forma similar al caso anterior. El aire inicial y el que penetra al realizar aperturas al ambiente exterior pueden crear una situación de atmósfera explosiva.

- Almacenes de piezas recién tratadas con sustancias que puedan desprender vapores inflamables como pinturas, productos de limpieza, etc., cuando no dispongan de ventilación suficiente.
- Siempre que el proceso se realice de forma continuada, se presentará una atmósfera explosiva de forma permanente en:
 - El entorno inmediato de puntos de carga y descarga de líquidos inflamables, por encima de su punto de inflamación, en recipientes abiertos al exterior.
 - El entorno próximo de puntos de llenado de aerosoles con gases inflamables como el propano o el butano.
 - El entorno próximo de puntos de llenado de botellas de gases licuados inflamables.

Zona 1

Área de trabajo en la que es probable, en condiciones normales de explotación, la formación ocasional de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla.

La definición de zona 1 se asocia a la formación de atmósfera inflamable debido a condiciones particulares del proceso o instalación y a actividades que no se realizan de forma continuada. Por ejemplo: en

determinadas fases del proceso o puntos de la instalación se emitirá de forma prevista un gas o vapor a la atmósfera que se produce a intervalos definidos. Del mismo modo, la realización de una determinada

actividad a intervalos definidos puede originar la formación de una atmósfera explosiva en el momento en que se realice dicha actividad y, por tanto, dará lugar a una zona 1.

A continuación, se presentan unos ejemplos de emplazamientos que se pueden clasificar como zona 1:

- La proximidad inmediata de aberturas de llenado y vaciado ocasionales de líquidos inflamables.
- La proximidad inmediata de prensaestopas sin garantías plenas de hermeticidad, por ejemplo, bombas y válvulas con prensaestopas.
- El exterior de recipientes que pueden abrirse ocasionalmente o la proximidad inmediata de aberturas de alimentación, bocas de carga y tomas de muestras.

- Los orificios de salida al aire libre de guardas apaga-llamas hidráulicas (dispositivos con columna de agua que hace la función de una válvula antirretroceso de llama en aparatos con gases inflamables).
- Extremos de los brazos articulados y de las mangas flexibles de carga de vehículos-cisterna y otros recipientes.
- Tapas y registros de carga y válvulas de vaciado de aparatos.
- Válvulas de tomas de muestras y de purgado libre al ambiente.
- Fosos y canalizaciones cerrados sin estanqueidad asegurada.
- Puntos de drenaje de agua de recipientes que contengan líquidos inflamables, que puedan llegar a desprender sustancias inflamables a la atmósfera al sobrepasarse el purgado.

Zona 2

Área de trabajo en la que no es probable, en condiciones normales de explotación, la formación de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla o en la que, en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo permanece durante breves períodos de tiempo.

La formación de este tipo de zonas se asocia a posibles escapes y fugas no previstos. Debe reservarse a casos donde, por las características del proceso o de la instalación, se podría producir una emisión de sustancia inflamable a la atmósfera aun en condiciones normales de funcionamiento pero que no es previsible.

La clasificación de un área como zona 2 implica en la mayoría de los casos una evaluación de escenarios de riesgo previstos donde se analicen los posibles disfuncionamientos o accidentes esperables. Según la evaluación y escenarios de riesgo previstos, podrían considerarse zona 2:

- Las áreas en que el escape puede proceder de una avería o situación anormal o accidental: bridas, conexiones, válvulas y uniones de tuberías en las que no es esperable que se produzcan fugas en funcio-

namiento normal. No constituyen áreas de riesgo las canalizaciones en tuberías que se mantienen técnicamente estancas, por ejemplo, alrededor de conducciones soldadas. La zona en que hubiera bridas con juntas, en que una fuga se pueda considerar una situación anormal de avería, sería zona 2.

- Las mirillas o tubos de nivel de vidrio en condiciones estancas.
- Los cierres o sellados de bombas, de compresores, válvulas, etc.
- Los aparatos de materiales frágiles (vidrio, cerámica, grafito, etc.), Protegidos, en los que accidentalmente podría producirse su rotura.
- Los orificios de respiración de membranas de manorreductores (reductores de presión).
- Los cubetos de retención en condiciones de seguridad.
- Los almacenamientos de productos inflamables de acuerdo con la legislación vigente.

Zona 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.

Aunque la concentración explosiva varía para cada tipo de polvo, las nubes de polvo dentro del rango de explosividad suelen ser densas y se ve con dificultad o no se puede ver a su través en distancias superiores a un metro. Esta observación puede ayudar en cierta medida a estimar visualmente la extensión de la zona.

En primer lugar, hay que destacar que, debido a los efectos dañinos que la inhalación de polvo puede causar sobre la salud de los trabajadores así como los

riesgos en la realización del trabajo en ambientes pulverulentos por la baja visibilidad, no se debe trabajar en ambientes clasificados como zona 20.

Por tanto, estas condiciones deben darse únicamente en el interior de recipientes o contenedores de polvo combustible, sistemas de transporte y aparatos o equipos de procesos con polvo combustible. Sin embargo, es importante remarcar que, si en el exterior de estos equipos está presente de forma continuada o durante largos

períodos de tiempo una mezcla explosiva pulverulenta, esta zona deberá también ser clasificada como zona 20.

Por regla general, el interior de instalaciones como molinos, trituradoras, secadoras, mezcladoras, ciclones, tuberías de transporte, tolvas, silos, filtros, equipos de ensacado, etc., sólo se incluye como zona 20 si en ellos se pueden formar mezclas explosivas pulverulentas en

cantidades peligrosas de manera permanente, prolongada o frecuente.

Es imprescindible evitar la entrada masiva incontrolada de aire en el interior de equipos que pudieran favorecer la generación de atmósferas peligrosas y que en el interior de recipientes pueda encontrarse en situación normalmente explosiva.

Zona 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.

Se aplica aquí el mismo concepto indicado para la zona 1, es decir, se asocia a formación de atmósfera inflamable debido a condiciones particulares del proceso o instalación y a actividades que no se realizan de forma continuada. En determinadas fases del proceso o puntos de la instalación se producirá de forma prevista una nube de polvo en la atmósfera que se generará a intervalos definidos. Del mismo modo, la realización de determinada actividad puede originar la formación de una atmósfera explosiva en el momento en que se realice la actividad. Si esta se realiza a intervalos definidos, dará lugar a una zona 21.

Se pueden clasificar como zona 21:

- Zonas inmediatamente próximas a las zonas de acceso a recipientes o contenedores de polvo combustible, cuando estas son abiertas ocasionalmente y en funcionamiento normal el polvo se pone en suspensión.
- Zonas próximas a los puntos donde pueda existir un escape en funcionamiento normal que ponga

en suspensión en la atmósfera polvo combustible (fuente de escape).

- Puntos de llenado y de vaciado ocasional de material pulverulento, puestos de trasiego, estaciones de descarga de vehículos, alimentación o vertido de cintas transportadoras, etc. En caso de tratarse de lugares de trabajo habituales y con continua generación de polvo, en los que se carece de extracción localizada, se clasificarían como zona 20.
- Zonas donde existe acumulación de polvo y en las que, en condiciones normales de explotación, por dispersión, por ejemplo, de forma ocasional se forman concentraciones explosivas de polvo/aire (plantas desmotadoras de algodón, talleres de confección, industrias de procesamiento de madera tales como carpinterías, ebanisterías, etc.).

Por otra parte, desde el punto de vista higiénico, no se debe trabajar efectivamente en una zona 21, salvo en momentos puntuales y con la protección adecuada, por lo que se requiere un sistema de extracción localizada en los puntos previsibles de emisión.

Zona 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.

Una zona se clasificará 22 cuando exista la posibilidad de formación de nubes de polvo exteriores a puntos del sistema de contención (recipiente contenedor). Estas nubes de polvo en suspensión no se darán en condiciones normales de explotación.

Ejemplos de zona 22 pueden ser:

- Áreas entorno a instalaciones que contienen polvo, cuando puedan producirse fugas de polvo por puntos no estancos y pueda emitirse o mantenerse en suspensión.
- Equipos que manipulen polvos combustibles y trabajen a presión positiva, como los sistemas de transporte neumático, que podrían ejercer sobrepresiones en sistemas de resistencia débil y dar lugar a

fallos (fugas) en juntas de uniones o en recipientes, ocasionando nubes de polvo combustible.

- Zonas donde existe acumulación de polvo y en las que, en condiciones normales de explotación, no es probable que se formen concentraciones explosivas de polvo/aire.
- Zonas externas cercanas a recipientes de almacenamiento, sacos, bolsas, etc. donde puede existir derrame del polvo combustible por sobrellenado o rotura del recipiente.
- Talleres de molienda, en los que el polvo puede escapar de los trituradores y luego depositarse.
- Filtros no encapsulados y las bolsas debajo de ellos que se pueden rasgar o quedar sueltas (por ejemplo, filtros de mangas).
- Conexiones flexibles entre elementos de un equipo.

ANEXO II**A. Disposiciones mínimas destinadas a mejorar la seguridad y la protección de la salud de los trabajadores potencialmente expuestos a atmósferas explosivas****Observación preliminar**

Las disposiciones de este anexo se aplicarán:

- a) A las áreas clasificadas como zonas de riesgo de conformidad con el anexo I, siempre que sean necesarias según las características del lugar de trabajo, del puesto de trabajo, del equipo o de las sustancias empleadas o del peligro causado por la actividad relacionada con los riesgos derivados de atmósferas explosivas.

En el anexo II se indican una serie de medidas que contribuyen a garantizar la seguridad de los trabajadores en aquellas zonas en las que no se ha podido eliminar el riesgo de formación de atmósfera explosiva y que, por tanto, se habrán clasificado según el anexo I en función de su frecuencia de aparición y duración.

De entre las medidas propuestas en el anexo II, se deben aplicar aquellas que se consideren apropiadas de acuerdo con la evaluación de riesgos. Por tanto, el cumplimiento de las medidas propuestas en el presente anexo no exime de la evaluación de riesgos y de la aplicación de otras medidas previstas en el desarrollo de la planificación preventiva.

- b) A los equipos situados en áreas que no presenten riesgos y que sean necesarios o contribuyan al funcionamiento en condiciones seguras de los equipos situados en áreas de riesgo.

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 situados en zonas clasificadas, deben cumplir con el Real Decreto 144/2016. Así mismo, dicho Real Decreto 144/2016 se aplica a:

- Los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.
- Los componentes destinados a ser incorporados en aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.

De acuerdo con la disposición adicional única, los equipos no afectados por el Real Decreto 144/2016 o el Real Decreto 400/1996 (que también contemplaba los equipos situados fuera de las zonas clasificadas), que estuvieran en uso antes del 30 de junio de 2003 en zonas clasificadas, ya deberían haber sido evaluados garantizando su seguridad para su instalación y funcionamiento en zonas clasificadas. Del mismo modo deberían haber sido evaluados todos aquellos equipos e instalaciones que contribuyan a la seguridad de los primeros, aun estando instalados en zonas seguras.

1. Medidas organizativas.**1.1. Formación e información de los trabajadores.**

El empresario deberá proporcionar a quienes trabajan en áreas donde pueden formarse atmósferas explosivas una formación e información adecuadas y suficientes sobre protección en caso de explosiones, en el marco de lo establecido en los artículos 18 y 19 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

El empresario, de acuerdo con los artículos 18 y 19 de la Ley 31/1995 y particularizando al riesgo de ATEX, deberá formar e informar a los trabajadores sobre cómo y en qué lugares surge el riesgo de explosión, así como las medidas preventivas, de protección y de emergencia que se deben observar. Todo trabajador que acceda a un área clasificada por riesgo de explosión debe ser informado acerca de los riesgos presentes en dicha área y recibir la formación adecuada. En concreto, todos los trabajadores que puedan acceder a un área clasificada deberían recibir formación e información sobre:

- El resultado de la evaluación de riesgos y medidas adoptadas sobre el riesgo de explosión.
- La manipulación correcta de las sustancias implicadas.
- Los equipos y sistemas de protección a utilizar y manejo adecuado de los mismos.
- Las actuaciones prohibidas en la zona (por ejemplo: trabajos en caliente, fumar...).
- La ropa de trabajo, los equipos de protección individual, los medios de protección colectivos, las herramientas y los equipos de trabajo permitidos y prohibidos en la zona.

- Las rutas a seguir y las señales de evacuación.
- El plan de emergencia para el caso de incendio o explosión.

Además, recibirán formación e información específica sobre las actividades que deban realizar en dichas zonas, así como sobre los procedimientos de trabajo

que se hayan decidido en la evaluación de riesgos y sobre permisos de trabajo específicos impuestos en dichas áreas.

También habrá que proporcionar la información necesaria al personal presente, aunque no sean empleados cuando, esta sea necesaria para garantizar su seguridad.

1.2. Instrucciones por escrito y permisos de trabajo.

Cuando así lo exija el documento de protección contra explosiones:

- a) El trabajo en las áreas de riesgo se llevará a cabo conforme a unas instrucciones por escrito que proporcionará el empresario.
- b) Se deberá aplicar un sistema de permisos de trabajo que autorice la ejecución de trabajos definidos como peligrosos, incluidos aquellos que lo sean por las características del lugar de trabajo, o que puedan ocasionar riesgos indirectos al interaccionar con otras operaciones.

Los permisos de trabajo deberán ser expedidos, antes del comienzo de los trabajos, por una persona expresamente autorizada para ello.

Una de las medidas preventivas básicas, de tipo organizativo, frente al riesgo de explosión, debería ser la puesta a disposición de los trabajadores de instrucciones por escrito generales o específicas para informar sobre las precauciones y pautas de trabajo a seguir en las actividades que se vayan a realizar en zonas clasificadas, sobre todo en aquellas actividades que puedan agravar el riesgo de explosión. Estas instrucciones deberán ser conocidas por los trabajadores, incluyendo los métodos de trabajo seguros en las zonas clasificadas. Así mismo, la realización de determinadas actividades debería ser autorizada por escrito mediante un permiso de trabajo en el que se establezcan las medidas preventivas necesarias para su realización y se garantice su cumplimiento.

Estos permisos de trabajo deben ser expedidos antes del comienzo de los trabajos y deberán contemplar todos aquellos aspectos que puedan influir en el riesgo de explosión, por tanto, deberían reflejar:

- El inicio y finalización previsible de los trabajos.

- El lugar exacto de la empresa en que deben realizarse los trabajos.
- El personal que va a intervenir.
- La indicación clara del trabajo que debe efectuarse.
- Los riesgos y medidas preventivas aplicables a la operación.
- Los riesgos indirectos que puede ocasionar el trabajo al interaccionar con otras operaciones.
- Los equipos de protección individual necesarios.
- El procedimiento de extensión/relevo de turno.
- La revisión de la instalación para comprobación y reanudación del servicio.
- La comunicación de anomalías.
- La aceptación, confirmación y comprensión.

Al término de los trabajos debe comprobarse si sigue manteniéndose o se ha restablecido la seguridad de la instalación.

Debe informarse a todos los participantes sobre la finalización de los trabajos (véase el apéndice 1 de esta guía técnica).

2. Medidas de protección contra las explosiones.

2.1. Todo escape o liberación, intencionada o no, de gases, vapores o nieblas inflamables o de polvos combustibles que pueda dar lugar a riesgos de explosión deberá ser desviado o evacuado a un lugar seguro o, si no fuera viable, ser contenido o controlado con seguridad por otros medios.

La atmósfera explosiva, en caso de formarse, deberá producirse lo más alejada posible de cualquier otra instalación o construcción y, sobre todo, de los lugares donde puedan hallarse trabajadores. Si no es así, se pueden emplear sistemas como, por ejemplo, los sistemas de extracción localizada, que desvíen o evacúen el escape a una zona segura.

En una zona segura para la evacuación de atmósfera explosiva se debe garantizar que:

- no haya presencia de trabajadores;
- no existan instalaciones ni construcciones que pudiesen verse afectadas (o los trabajadores que estuviesen en ella) en caso de explosión. Especialmente

si los efectos de la explosión primaria pudiesen aumentar, generando explosiones en cadena;

- no haya conductos ni comunicaciones por los que la atmósfera explosiva pueda aparecer en lugares no previstos;
- no se disponga de fuentes de ignición que pudiesen inflamar la atmósfera explosiva y
- no existan productos inflamables que puedan incendiarse en caso de explosión.

También se debe verificar que la atmósfera explosiva formada dure el menor tiempo posible; por tanto, se recomienda su evacuación al exterior donde se garantice su dilución rápidamente. Si no se puede

desviar a lugar seguro, el escape o emisión debe ser controlado y contenido, es decir, se deben aplicar medidas para detectar y actuar sobre la posible mezcla de sustancias inflamables en el aire en el menor tiempo posible.

Además, se debe limitar el alcance de la atmósfera explosiva aplicando medidas de contención, es decir, limitando la extensión y propagación de la atmósfera explosiva. Cuanto más localizada esté y menor volumen ocupe, más fácil será su eliminación.

De este tipo de actuaciones se trata en los apéndices 2 y 3 de esta guía técnica.

2.2. Cuando la atmósfera explosiva contenga varios tipos de gases, vapores, nieblas o polvos combustibles o inflamables, las medidas de protección se ajustarán al mayor riesgo potencial.

No siempre es fácil identificar las propiedades de las sustancias y su explosividad, sobre todo en el caso en que haya varias sustancias. Además, las características de inflamabilidad de la mezcla de sustancias no coinciden con las de las sustancias implicadas, ni se puede asimilar a la de mayor riesgo ya que la mezcla puede ser más peligrosa.

Existen métodos para poder calcular algunas de las propiedades de inflamabilidad y explosividad de mezclas de sustancias, por ejemplo, la Regla de Le Chatelier que permite estimar los límites de explosividad para las mezclas de varios gases o vapores, siempre y cuando se conozcan los límites de explosividad de los componentes.

Siendo c_i la concentración de cada componente combustible sobre el volumen total de combustibles, el límite inferior de explosividad de la mezcla viene dado por:

$$LIE = \frac{100 \% v/v}{\frac{c_1}{LIE_1} + \frac{c_2}{LIE_2} + \frac{c_3}{LIE_3} + \dots + \frac{c_i}{LIE_i}} \quad (\%vol)$$

y el límite superior de explosividad viene dado por:

$$LSE = \frac{100 \% v/v}{\frac{c_1}{LSE_1} + \frac{c_2}{LSE_2} + \frac{c_3}{LSE_3} + \dots + \frac{c_i}{LSE_i}} \quad (\%vol)$$

Un ejemplo: Aplicado a una mezcla de sustancias inflamables con aire de la siguiente composición:

	% v/v	LIE _i
Hexano	0.8	LIE ₁ = 1.1 %
Metano	2.0	LIE ₂ = 5.0 %
Etileno	0.5	LIE ₃ = 2.7 %
Total inflamables	3.3	
Aire	96.7	

$$\begin{aligned} \text{Hexano} &= \frac{0,8}{3,3} * 100 = 24,2\% = c_1 \\ \text{Metano} &= \frac{2,0}{3,3} * 100 = 60,6\% = c_2 \\ \text{Etileno} &= \frac{0,5}{3,3} * 100 = 15,2\% = c_3 \end{aligned} \quad \left| \quad LIE_{mezcla} = \frac{100}{\frac{24,2}{1,1} + \frac{60,6}{5,0} + \frac{15,2}{2,7}} = 2,5\%$$

Para otras propiedades, puede ser necesario recurrir a ensayos específicos para determinar las propiedades de la mezcla.

De cualquier forma, el conocimiento de estas características sólo será necesario si las medidas preventivas están basadas en la limitación o control de estas propiedades.

Aparte de las propiedades fisicoquímicas, el mayor riesgo potencial habrá que considerarlo en función de:

- La cantidad de sustancia liberada a la atmósfera: bien por la cantidad de mezcla liberada, bien por diversas fuentes de emisión de distintas sustancias cuya emisión se pueda producir simultáneamente,
- La frecuencia y duración de la atmósfera explosiva,
- La formación de mezclas híbridas,
- Las propiedades de las sustancias.

2.3. De conformidad con lo dispuesto en el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, cuando se trate de evitar los riesgos de ignición con arreglo al artículo 3, también se deberán tener en cuenta las descargas electrostáticas producidas por los trabajadores o el entorno de trabajo como portadores o generadores de carga. Se deberá proveer a los trabajadores de calzado antiestático y ropa de trabajo adecuada hecha de materiales que no den lugar a descargas electrostáticas que puedan causar la ignición de atmósferas explosivas.

En la definición de “riesgo eléctrico” recogida en el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, se incluyen expresamente los riesgos de incendios o explosiones originados por la electricidad.

Las instalaciones y equipos eléctricos pueden ser fuentes de ignición efectivas cuando se utilizan en presencia de atmósferas explosivas. Dentro de las fuentes de ignición efectivas relacionadas con instalaciones y equipos eléctricos se incluyen las descargas electrostáticas.

Los trabajadores, por el simple hecho de moverse en su entorno de trabajo, pueden producir e incluso acumular en sí mismos cargas eléctricas.

Así mismo, los materiales y las condiciones del entorno de trabajo pueden contribuir a la manifestación de este fenómeno. En relación con el entorno de trabajo, se debe tener en cuenta que el anexo III del [Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo](#), establece que la humedad relativa del aire estará comprendida entre el 30% y el 70%, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50%.

Es especialmente importante evitar que las personas acumulen cargas electrostáticas cuando trabajen en atmósferas potencialmente explosivas para impedir la posible formación de chispas que pudieran ser origen de un incendio o explosión. La forma de conseguirlo es básicamente asegurando una adecuada puesta a tierra del trabajador que en la mayoría de las ocasiones se puede conseguir si el suelo y el calzado tienen un nivel adecuado de conductividad.

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 [Reglamento \(UE\) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2016 relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo](#). En el apartado 2.6 del Anexo II de dicho Reglamento se determina que “Los EPI (Equipos de Protección Individual) destinados a ser utilizados en atmósferas potencialmente explosivas estarán diseñados y fabricados de tal manera que no puedan dar origen a chispas o arcos eléctricos, electrostáticos o inducidos por un impacto que pudieran encender una mezcla explosiva”.

El término “antiestático” es con frecuencia mal entendido. Un material antiestático, en el contexto que nos ocupa, es aquel incapaz de retener una carga electrostática significativa cuando está conectado a tierra, lo cual no implica que no se cargue, sino que permite que la carga se disipe a tierra a través de él. Por tanto, calzado o ropa antiestática están referidos a equipos con propiedades disipativas, es decir, conductivas, dentro de unos márgenes.

Con carácter general, en zonas con presencia de atmósferas explosivas, los EPI que usen los trabajadores deben ser verificados en cuanto a sus propiedades disipativas, prestando especial atención a los materiales con que están fabricados y las situaciones que se puedan dar en su uso (por ejemplo, durante su puesta o retirada o debido a la fricción entre ellos o con otros materiales). Para ello se tendrá en cuenta la información proporcionada por el fabricante.

En el apéndice 5 de esta guía técnica se proporciona más información sobre EPI disipativos.

2.4. 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. Lo anterior se aplicará asimismo al equipo de trabajo y sus correspondientes dispositivos de conexión que no se consideren aparatos o sistemas de protección en la acepción del Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas, si su incorporación puede dar lugar por sí misma a un riesgo de ignición. Se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la confusión entre dispositivos de conexión.

El DPCE debe reflejar la evaluación de riesgos y las medidas tomadas para garantizar la seguridad de los equipos y sistemas de seguridad instalados en las zonas clasificadas y aquellos instalados en zonas seguras pero que contribuyan a la seguridad de los primeros.

Fuera del ámbito de aplicación del Real Decreto 144/2016¹¹ y siempre que no exista normativa espe-

cífica al respecto, tanto la evaluación como la instalación, mantenimiento, revisión...de los equipos, instalaciones y sistemas de seguridad será responsabilidad del empresario. Los criterios y medidas adoptadas para la instalación y utilización de dichos equipos deberán reflejarse en el DPCE y sólo deben ponerse en funcionamiento si se han cumplido todas las medidas indicadas en el mismo.

¹¹ Todas las referencias al Real Decreto 400/1996 deberán ser entendidas como referidas al Real Decreto 144/2016.

La instalación de los aparatos sometidos al Real Decreto 144/2016 queda fuera del ámbito de aplicación de dicho real decreto, por tanto, siempre que no exista reglamentación específica al respecto, la instalación,

utilización, mantenimiento y revisiones quedan bajo responsabilidad del usuario que debería seguir en todo caso el manual de instrucciones proporcionado por el fabricante.

2.5. Se adoptarán todas las medidas necesarias para asegurarse de que los lugares de trabajo, los equipos de trabajo y los correspondientes dispositivos de conexión que se encuentren a disposición de los trabajadores han sido diseñados, contruidos, ensamblados e instalados y se mantienen y utilizan de tal forma que se reduzcan al máximo los riesgos de explosión y, en caso de que se produzca alguna, se controle o se reduzca al máximo su propagación en dicho lugar o equipo de trabajo. En estos lugares de trabajo se deberán tomar las medidas oportunas para reducir al máximo los riesgos que puedan correr los trabajadores por los efectos físicos de una explosión.

La seguridad en áreas potencialmente explosivas únicamente podrá garantizarse por el trabajo seguro del conjunto de las partes involucradas.

Los fabricantes de los aparatos protegidos contra explosiones son responsables de las pruebas de rutina, certificación y documentación, y es necesario que cada equipo cumpla con las pruebas determinadas.

Los instaladores deben observar los requerimientos de instalación y realizar la correcta instalación del aparato para su uso determinado. Así mismo, los usuarios deben cumplir los procedimientos de trabajo establecidos.

Cuando se adopten medidas de prevención de explosiones, sea actuando sobre la concentración de la mezcla aire-sustancia inflamable, sea sobre el oxígeno del aire o sobre las fuentes de ignición, se contemplará, además, siempre que sea razonable, la posibilidad de que se produzca la explosión, por disfuncionamientos de las medidas adoptadas. En estos casos se deben adoptar las medidas organizativas de emergencia y medios de protección adecuados que contengan, supriman o desvíen la explosión para evitar daño a los trabajadores.

Una de las medidas preventivas esenciales para evitar y controlar la formación de atmósferas explosivas es el correcto mantenimiento preventivo y regular de los equipos y sus revisiones periódicas. En algunos casos esto puede estar regulado por la legislación existente, pero, si no es así, debe formar parte de la planificación preventiva.

Entre los aspectos que se deben revisar se encuentran:

- El rango de temperatura en que funciona el equipo: los equipos únicamente podrán ser utilizados dentro del rango de temperatura que figure en sus instrucciones.
- La instalación correcta: los equipos y sistemas de protección deben ser instalados siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Los agentes externos: se deben proteger los equipos de cualquier influencia externa que pueda afectar negativamente a la protección contra explosiones.
- El mantenimiento: se debe prever un mantenimiento regular de acuerdo con las instrucciones del fabricante para garantizar la seguridad de equipos e instalaciones. Antes de realizar cualquier tarea de revisión o mantenimiento se asegurará de que no se forma atmósfera explosiva, al menos durante el proceso.
- Los equipos portátiles: también serán evaluados, mantenidos y revisados según indique el DPCE para su uso en ATEX.

Los equipos deben ser instalados y utilizados de acuerdo con la reglamentación específica vigente y las instrucciones del fabricante. Su utilización y manipulación de forma segura estará contemplada como parte de la formación de los trabajadores involucrados, y, cuando así se desprenda de la evaluación de riesgos, la utilización de dichos equipos será conforme a un permiso de trabajo.

Así mismo, cabe recordar que todos los equipos deben cumplir las disposiciones del Real Decreto 1215/1997, que indica, entre otros aspectos relacionados con la seguridad de los equipos, condiciones de seguridad para los órganos de accionamiento, puesta en marcha de los equipos, dispositivos de conexión... así como condiciones seguras en la utilización de equipos.

2.6. En caso necesario, los trabajadores deberán ser alertados mediante la emisión de señales ópticas y/o acústicas de alarma y desalojados en condiciones de seguridad antes de que se alcancen las condiciones de explosión.

En el anexo IV del Real Decreto 485/1997 se indican las características y requisitos que deben cumplir las señales luminosas y acústicas. Así mismo, la Guía Técnica sobre señalización de seguridad y salud en el

trabajo, elaborada por el INSST en virtud del citado real decreto, puede servir de orientación sobre aspectos concretos de este tipo de señales.

2.7. Cuando así lo exija el documento de protección contra explosiones, se dispondrán y mantendrán en funcionamiento salidas de emergencia que, en caso de peligro, permitan a los trabajadores abandonar con rapidez y seguridad los lugares amenazados.

En el artículo 20 de la Ley 31/1995 se establece la obligación de tener previstas las situaciones de emergencia, para que, en caso de que se produzca, los trabajadores no sufran daños.

Por otra parte, en el punto 10 del Anexo I-A del Real Decreto 486/1997 se determina que las vías y salidas de evacuación, así como las vías de circulación y las puertas que den acceso a ellas, se señalizarán según lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997. Así mismo existe normativa¹² sobre protección contra incendios para la disposición de las salidas y vías de evacuación.

Sin embargo, por las condiciones especiales de desarrollo y propagación de la explosión, el cumplimiento

de la normativa de protección contra incendios para la evacuación de ocupantes puede no ser suficiente para la protección contra explosiones, por tanto, habrá que evaluar si las salidas previstas son suficientes y están dispuestas adecuadamente para su utilización en caso de riesgo de explosión y si los sistemas de alarma actúan con el tiempo suficiente para permitir la evacuación a un lugar seguro.

Se debe prever un plan de emergencia en caso de explosión teniendo en cuenta la evacuación de las personas y las actuaciones a llevar a cabo en caso de que se produjese la emergencia.

2.8. Antes de utilizar por primera vez los lugares de trabajo donde existan áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas, deberá verificarse su seguridad general contra explosiones. Deberán mantenerse todas las condiciones necesarias para garantizar la protección contra explosiones.

La realización de las verificaciones se encomendará a técnicos de prevención con formación de nivel superior, trabajadores con experiencia certificada de dos o más años en el campo de prevención de explosiones o trabajadores con una formación específica en dicho campo impartida por una entidad pública o privada con capacidad para desarrollar actividades formativas en prevención de explosiones.

Las consecuencias, en caso de que los trabajadores se vean afectados por una explosión, son siempre graves, por tanto, si es posible que se produzca una atmósfera explosiva, se deberán tomar todas las medidas técnicas y organizativas necesarias para garantizar la seguridad de los trabajadores.

El hecho de adoptar medidas técnicas implicará en la mayoría de los casos la instalación de equipos, componentes y elementos de seguridad apropiados para el riesgo de explosión. En algunos casos, la legislación industrial¹³ indica quién debe ser la persona que realice la instalación incluso el procedimiento de puesta en marcha. Sin embargo, en la mayoría de los casos en cuanto a medidas de prevención y protección contra explosiones, no existe legislación al respecto.

Si la instalación la realiza el fabricante, deberá indicar el procedimiento adecuado de control y operación para realizar la puesta en marcha.

Si es el propio personal de la empresa quien ha realizado la instalación, deberá estar formado e informado para proceder a su activación.

Como se ha indicado en apartados anteriores, el DPCE debe reflejar los criterios y procedimientos para la instalación, puesta en marcha y utilización de equipos e instalaciones, así como los dispositivos que contribuyan a su seguridad en zonas con riesgo de explosión. Estas operaciones deben estar supervisadas por un verificador con la formación que comprobará también el cumplimiento y buen estado del resto de medidas adoptadas tanto técnicas como organizativas (véase el apéndice 1 de esta guía técnica).

¹² Por ejemplo: Documento básico, seguridad en caso de incendio DB-SI del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código técnico de la edificación; Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, etc.

¹³ Por ejemplo: Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, y el Real Decreto 842/2002, entre otros.

2.9. Cuando la evaluación muestre que ello es necesario:

- Deberá poderse, en caso de que un corte de energía pueda comportar nuevos peligros, mantener el equipo y los sistemas de protección en situación de funcionamiento seguro independientemente del resto de la instalación si efectivamente se produjera un corte de energía.
- Deberá poder efectuarse la desconexión manual de los aparatos y sistemas de protección incluidos en procesos automáticos que se aparten de las condiciones de funcionamiento previstas, siempre que ello no comprometa la seguridad. Tales intervenciones se confiarán exclusivamente a los trabajadores con una formación específica que los capacite para actuar correctamente en esas circunstancias.
- La energía almacenada deberá disiparse, al accionar los dispositivos de desconexión de emergencia, de la manera más rápida y segura posible o aislarse de manera que deje de constituir un peligro.

Normalmente, las funciones peligrosas¹⁴ del equipo de trabajo se obtienen por establecimiento o elevación de energía, y las funciones o condiciones de seguridad se obtienen por anulación o reducción de energía. Sin embargo, muchos elementos de seguridad, no tanto del propio equipo sino de la instalación en general, como detectores de gases, sistemas de ventilación, sistemas de control..., van a depender para su funcionamiento de la alimentación de energía. En estos casos, un corte de energía puede provocar una situación peligrosa bien por el equipo en sí, bien por la disminución de control en los parámetros del equipo u otras causas. En cualquier caso,

comporta una disminución en la seguridad. Por ello, en estos casos es necesario, si el sistema no cuenta con ello, establecer mecanismos que garanticen la continuidad de las condiciones de seguridad previstas. Estos requerimientos deberán ser contemplados al evaluar los riesgos y decidir la idoneidad de los equipos e instalaciones para su uso en zonas con riesgo de explosión.

Los aparatos a los que aplica el Real Decreto 144/2016 deben cumplir los requisitos esenciales de salud y seguridad, entre los que se encuentran los citados en este punto.

B Criterios para la elección de los aparatos y sistema de protección

Siempre que en el documento de protección contra explosiones basado en una evaluación de los riesgos no se disponga otra cosa, en todas las áreas en que puedan formarse atmósferas explosivas deberán utilizarse aparatos y sistemas de protección con arreglo a las categorías fijadas en el Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.

Concretamente, en las zonas indicadas se deberán utilizar las siguientes categorías de aparatos, siempre que resulten adecuados para gases, vapores o nieblas inflamables, o polvos combustibles, según corresponda:

En la zona 0 o en la zona 20, los aparatos de la categoría 1.

En la zona 1 o en la zona 21, los aparatos de las categorías 1 ó 2.

En la zona 2 o en la zona 22, los aparatos de las categorías 1, 2 ó 3.

La utilización de la categoría de aparatos indicada en cada una de las zonas para las que son apropiados, garantiza que dichos equipos no provocarán atmósfera explosiva, ni serán fuente de ignición efectiva.

Clasificación de la zona donde se va a instalar o utilizar el equipo	Categoría del equipo
0 - 20	1
1 - 21	2 Pueden utilizarse equipos de categoría 1 por ofrecer mayor seguridad.
2 - 22	3 Pueden utilizarse equipos de categoría 1 y 2 por ofrecer mayor seguridad.

Tabla 2. Criterio de selección de los aparatos y sistemas de protección en función de la zona clasificada donde se va a instalar o utilizar.

¹⁴ Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los equipos de trabajo, elaborada por el INSST.

En ocasiones, bien porque no se comercializan, porque no son del ámbito de aplicación o por particularidades de cada equipo, no será posible instalar en cada zona clasificada todos los equipos de la categoría que corresponde. En estos casos, se deben aplicar todas las medidas pertinentes para proceder a la desclasificación de la zona. Si por imposibilidades técnicas o de mercado se utilizan equipos que no tengan la categoría correspondiente a la zona o que no estén certificados conforme al Real Decreto 144/2016, deberán ser

evaluados convenientemente y, en su caso, modificados, adecuados y ensayados para garantizar su utilización segura en dichas zonas, quedando reflejado en el documento de protección contra explosiones. La responsabilidad del uso de estos equipos en zonas clasificadas recae de cualquier forma en el empresario.

En el apéndice 4 de esta guía técnica se dan indicaciones sobre el marcado y la selección de los equipos para uso en atmósferas explosivas.

ANEXO III

Señalización de zonas de riesgo de atmósferas explosivas conforme al apartado 3 del artículo 7



Zona con riesgos de atmósferas explosivas.

Características intrínsecas:

- Forma triangular.
- Letras negras sobre fondo amarillo, bordes negros (el amarillo deberá 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.

En este caso la señalización sigue el mismo concepto que todas aquellas encuadradas en el Real Decreto 485/1997 y por tanto no debe ser considerada más que en términos complementarios al resto de medidas preventivas aplicadas tras la evaluación de riesgos.

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

Los criterios de señalización siguen la base indicada en la [Guía técnica sobre señalización sobre seguridad y salud en el trabajo, elaborada por el INSST](#). En algunos casos, puede ser conveniente señalar la extensión de la zona si con ello se mejora la seguridad de los trabajadores. Sin embargo, en otros, esta actuación conllevaría una concentración excesiva de señales, perdiendo con ello su objetivo.

La señal es de gran utilidad a la entrada de salas donde se pueden formar atmósferas explosivas, tales como almacenamientos de productos inflamables, salas de baterías, envasado de material pulverulento, etc.

III. APÉNDICES

Se presentan a continuación una serie de apéndices, a los que se ha ido haciendo referencia en el desarrollo del articulado del Real Decreto 681/2003, que pueden ayudar al usuario de esta guía a profundizar sobre algunos temas tratados y a aplicar mejor las obligaciones aquí recogidas.

En el **apéndice 1** *“Funciones y cualificación”* se trata de responder a las siguientes cuestiones:

- ¿Qué funciones hay que realizar?
- ¿Quién debe realizarlas?
- ¿Qué formación debe tener?

En el **apéndice 2** *“Documento de protección contra explosiones”* se dan orientaciones sobre algunos apartados que debe reflejar el DPCE tales como la evaluación de riesgos, la clasificación de zonas y la extensión de las zonas clasificadas.

Además, aunque se mencionan en el apéndice 2, por su extensión e importancia se han desarrollado en apéndices independientes aspectos referidos a las medidas preventivas, los equipos para uso en atmósferas explosivas y las fuentes de ignición.

En el **apéndice 3** *“Medidas preventivas y de protección”* se desarrollan algunas medidas preventivas, tanto técnicas como organizativas, y se orienta sobre posibles medidas de protección a aplicar.

En el **apéndice 4** *“Equipos para uso en atmósferas explosivas”* se presentan los aspectos a considerar en el momento de elegir o preparar un equipo para su instalación o uso en una zona clasificada por atmósfera explosiva.

En el **apéndice 5** *“Fuentes de ignición. Electricidad estática”* se tratan las fuentes de ignición que pueden inflamar una atmósfera explosiva y especialmente se desarrolla, por su alta incidencia, la electricidad estática en cuanto a formas de generación y medidas preventivas.

APÉNDICE 1

FUNCIONES Y CUALIFICACIÓN

En el artículo 14.2 de la Ley 31/1995 se establece que el empresario, en cumplimiento de su deber de protección de los trabajadores a su servicio, integrará la actividad preventiva en la empresa y adoptará todas las medidas preventivas que sean necesarias. Para ello dispondrá de una organización preventiva¹⁵ (servicio de prevención)¹⁶ con los medios humanos y materiales necesarios para llevar a cabo, entre otras cosas, el desarrollo de las actividades preventivas y para asesorarle tanto a él como a los trabajadores y a sus representantes.

Dentro de la empresa, por tanto, las personas encargadas de las actividades preventivas especializadas del Real Decreto 681/2003 deberán formar parte de la organización preventiva por la que haya optado el empresario, además de tener la formación exigida en el Capítulo VI del Real Decreto 39/1997 según el nivel de las funciones que vayan a desempeñar. En los casos en los que la empresa no disponga de recursos propios para llevar a cabo las actividades preventivas especializadas, deberán ser concertadas con uno o varios servicios de prevención ajeno.

De acuerdo con el artículo 1.3 de la [Orden TIN/2504/2010, de 20 de septiembre, por la que se desarrolla el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención](#), en lo referido a la acreditación de entidades especializadas como servicios de prevención, memoria de actividades preventivas y autorización para realizar la actividad de auditoría del sistema de prevención de las empresas, los servicios de prevención ajeno podrán subcontratar los servicios de otros profesionales o entidades para la realización de actividades puntuales que requieran conocimientos especiales o instalaciones de gran complejidad. Por ejemplo, en este tipo de riesgos, se podrá subcontratar la realización de cálculos para la determinación y extensión de las zonas clasificadas. No obstante, exista o no subcontratación, la realización de la evaluación de riesgos y la propuesta de medidas preventivas corresponderá a los técnicos que formen parte de la modalidad preventiva de la empresa.

Relación de funciones a desarrollar en la empresa. Personal que las desarrolla

La relación de funciones a desarrollar en la empresa y el personal encargado de su ejecución, de acuerdo con los artículos de este reglamento y del Real Decreto 39/1997, sería la siguiente:

- a. **Personal técnico que realiza funciones relacionadas con el DPCE** (artículo 8 del Real Decreto 681/2003).
- b. **Personal que realiza funciones relacionadas con la supervisión y control ambiental** de los lugares de trabajo donde puedan formarse ATEX, mientras que otros trabajadores estén presentes en ellos (artículo 5.b del Real Decreto 681/2003).
- c. **Personal que realiza funciones de coordinación de actividades empresariales** cuando en un mismo lugar de trabajo coincidan varias empresas y esta concurrencia de actividades pueda suponer un riesgo para la seguridad y salud de sus trabajadores (artículo 6 del Real Decreto 681/2003).
- d. **Personal que actúa como recurso preventivo** cuando se realizan actividades consideradas como peligrosas (artículo 22 bis del Real Decreto 39/1997).
- e. **Personal relacionado con las instrucciones y permisos de trabajo.**, para la realización de trabajos peligrosos antes de su comienzo (anexo II. A. 1. 2 del Real Decreto 681/2003).
- f. **Personal encargado de verificar la seguridad** general de los lugares de trabajo donde existan áreas en las que puedan formarse ATEX, antes de que vayan a ser utilizados por primera vez (apartado 2.8 del anexo II.A del Real Decreto 681/2003).
- g. **Personal que realiza la desconexión manual** de los aparatos y sistemas de protección incluidos en procesos automáticos que se aparten de las condiciones de funcionamiento previstas (apartado 2.9.b del anexo II.A del Real Decreto 681/2003).

A continuación, se desarrollan las funciones y niveles de cualificación preventiva para cada una de estas figuras:

a. Personal técnico que realiza funciones relacionadas con el DPCE

Se puede decir que el DPCE básicamente recoge la evaluación de los riesgos de los lugares de trabajo en los que puedan formarse atmósferas explosivas y las medidas de prevención y protección que se han adoptado al respecto, ya sean de naturaleza técnica u organizativa. Por tanto, dada la naturaleza de las actividades que componen el DPCE, únicamente podría ser realizado por personal que pertenezca a la modalidad preventiva de la empresa y que tenga el nivel de cualificación adecuado (según el Capítulo VI del Real Decreto 39/1997) a las funciones que se van a desarrollar.

¹⁵ En el capítulo III del Real Decreto 39/1997 se regulan las distintas modalidades preventivas que el empresario puede adoptar para el desarrollo de las actividades preventivas.

¹⁶ De acuerdo con el artículo 31.2 de la Ley 31/1995 se entiende como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores.

La subcontratación de profesionales independientes o entidades externas para la elaboración del DPCE, tal como se ha mencionado anteriormente en este apéndice, sólo se puede explicar y se permitirá cuando un servicio de prevención ajeno subcontrate actividades de gran complejidad o que requieran instalaciones especializadas como, por ejemplo, la clasificación de zona y su extensión.

El DPCE, al igual que cualquier evaluación de riesgos, debe actualizarse siempre que se efectúen modificaciones, ampliaciones o transformaciones importantes en la empresa que afecten a su contenido.

b. Personal que realiza funciones relacionadas con la supervisión y control del ambiente de trabajo

El artículo 5.b del Real Decreto 681/2003 establece que el empresario debe adoptar las medidas necesarias para que en los ambientes de trabajo en los que pueden formarse ATEX en cantidades tales que puedan poner en peligro la seguridad de los trabajadores se asegure, mediante el uso de los medios técnicos apropiados, una supervisión adecuada de dichos ambientes.

Con base en la evaluación de riesgos, la planificación de la actividad de supervisión incluirá una estrategia de muestreo y determinar un conjunto de medidas a adoptar en función de los resultados que se obtengan. El trabajador que planifique la supervisión debe disponer de una formación correspondiente a la de nivel superior, dado que entre otros, se debe determinar una metodología de muestreo.

Esta planificación podría plasmarse en la elaboración e implantación de un procedimiento en el que se describa la operativa a seguir durante la realización de trabajos que requieren este tipo de supervisión. Este procedimiento, tal como se recogió en el artículo 5 de la presente guía, debería establecer la forma en que se realizan las mediciones (incluyendo los equipos a utilizar), su periodicidad, los intervalos de seguridad, los valores límite y las acciones a realizar en caso de que la concentración ambiental se aproxime a estos o una vez se hayan superado.

El trabajador que realiza las tareas de supervisión y control del ambiente de trabajo deberá seguir el procedimiento establecido con objeto de detectar precozmente la formación de una atmósfera explosiva que pueda poner en peligro la seguridad de los trabajadores.

El nivel de cualificación del trabajador que supervisa el ambiente de trabajo dependerá del grado de libertad de actuación para la toma de decisiones que se le permita en el procedimiento establecido. Por ejemplo,

si el procedimiento establece la estrategia de muestreo y la consiguiente descripción de la operativa a seguir en función de los resultados de las mediciones, su aplicación sólo requiere una formación específica en la utilización del equipo de medición o una lectura de datos monitorizados, aplicando sistemáticamente el procedimiento para el resto de acciones.

En el caso de que la supervisión del ambiente haya sido planificada por completo y únicamente se requiera la aplicación sistemática de un conjunto de instrucciones recogidas en el procedimiento de trabajo, la supervisión y control ambiental podría ser realizada por un trabajador:

- con los conocimientos, la cualificación y la experiencia requeridas para su puesto de trabajo,
- con la información y formación preventiva correspondiente a los artículos 18 y 19 de la Ley 31/1995 y
- con una formación específica en la ejecución de un procedimiento de supervisión aplicable de forma paralela (integrada) al procedimiento de trabajo.

Por último, en el caso de que los trabajos a realizar, bien por su naturaleza, por su emplazamiento o por la concurrencia con otros trabajos, sean considerados como peligrosos y sea necesaria la presencia de un “recurso preventivo” (artículo 22.bis del RSP), este podrá realizar las funciones de supervisión siempre que, cumpliendo con los requisitos indicados anteriormente, ello no suponga un factor de riesgo adicional para él o para el resto de trabajadores (véase el apartado d) de este apéndice).

c. Personal que realiza funciones de coordinación de actividades empresariales

En los lugares de trabajo donde concurren varias empresas o trabajadores autónomos será necesario establecer las medidas de cooperación y coordinación para prevenir los riesgos laborales derivados de la concurrencia de actividades empresariales, de acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 171/2004. En dicho real decreto se indica que en las actividades o procesos considerados como peligrosos o con riesgos especiales se debe considerar como medio de coordinación preferente la designación de uno o más coordinadores¹⁷ que deberán disponer como mínimo de la formación preventiva correspondiente a las funciones del nivel intermedio.

d. Personal que actúa como recurso preventivo

En ocasiones, cuando se llevan a cabo operaciones peligrosas en sí mismas o por el hecho de concurrir

¹⁷ En el artículo 13.3 del Real Decreto 171/2004 se regulan las personas que pueden ser encargadas de la coordinación de las actividades preventivas.

con otras operaciones que pueden provocar que los riesgos puedan verse agravados o modificados, será necesaria la presencia de personal cuya misión es la de vigilar los trabajos que se realizan conforme a los procedimientos establecidos. Estos procedimientos tendrán integradas las instrucciones técnicas y las medidas preventivas necesarias para controlar los riesgos mientras se lleva a cabo la operación.

Como norma general, se puede decir que, si durante la realización de un trabajo peligroso se considera que la seguridad y salud del trabajador depende de su actuación, entonces es necesaria la presencia de un recurso preventivo¹⁸ cuya misión es vigilar el cumplimiento de las actividades que se habían planificado para dichas operaciones en el DPCE y que deberá disponer, como mínimo, de la formación de nivel básico conforme al artículo 32 bis de la Ley 31/1995 y de una formación específica del procedimiento de trabajo.

Las funciones del recurso preventivo podrán ser realizadas por un trabajador designado, un miembro del Servicio de prevención propio o ajeno u otro trabajador que disponga de los conocimientos, la cualificación y la experiencia necesarios y cuente con la formación como mínimo de nivel básico. Esta última opción es la que debería priorizarse, en aplicación del principio de integración de la prevención (apartado 4.4 de la *Guía técnica para la integración de la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa*).

La designación del recurso preventivo corresponde, con carácter general, a la empresa o empresas cuya actividad aporta o genera el riesgo que motiva su presencia salvo en el sector de la Construcción, donde corresponde al contratista, de acuerdo con la disposición adicional decimocuarta de la Ley 31/1995 y la disposición adicional décima del Real Decreto 39/1997.

Si comparamos las funciones de coordinación, de recurso preventivo y de supervisión según el nivel de cualificación necesario, cuando se opta para que sean desarrolladas de forma integrada, es decir, por personas de la empresa que no sean miembros del servicio de prevención, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La formación preventiva mínima según la función que se realice será:
 - Funciones de coordinación: formación preventiva de nivel intermedio.
 - Funciones de recurso preventivo: formación preventiva de nivel básico.
 - Funciones de supervisión: no exige un nivel determinado.

e. Personal relacionado con las instrucciones y permisos de trabajo

La elaboración de instrucciones de trabajo por escrito y la aplicación de un sistema de permisos de trabajo será obligatorio cuando se establezca en el DPCE de acuerdo con el apartado 1.2 del anexo II.A del Real Decreto 681/2003.

Las instrucciones sobre cómo realizar aquellas actividades consideradas peligrosas (en sí mismas o porque puedan interaccionar con otras operaciones) debe contener (integrar) tanto los aspectos técnicos que componen la tarea a realizar como los requisitos preventivos que le sean aplicables. Además, en su vertiente preventiva, debe ser coherente con los resultados de la evaluación de riesgos y las medidas de prevención y protección que se han adoptado. Puesto que la valoración de los resultados de la evaluación (incluyendo la clasificación de las áreas de riesgo) y la propuesta de las medidas de prevención y protección es función de la organización preventiva, esta será la encargada de determinar en qué operaciones es necesario supervisar la actuación del trabajador o la secuencia en la que debe actuar, en un conjunto de operaciones concurrentes o encadenadas. Por ello, será función suya estimar la necesidad de elaborar e implantar unas instrucciones de trabajo. Este proceso debería abordarse como una actividad integrada y participativa en la que sería deseable la colaboración entre la organización preventiva de la empresa y los departamentos implicados.

El nivel de cualificación que debe tener un trabajador cuya función consiste básicamente en la ejecución de un procedimiento sería la establecida por los artículos 18 y 19 de la Ley 31/1995, es decir: si el procedimiento no deja lugar a la toma de decisiones, no es necesaria una formación especializada (sí específica) en prevención de riesgos laborales.

Por otra parte, la implantación de un sistema de permisos de trabajo permite controlar que una tarea concreta sea realizada por un trabajador con una formación/cualificación determinada y que dicha tarea se efectúe conforme al procedimiento de trabajo establecido. En estos casos, el primer requisito del procedimiento de trabajo es la obtención, por parte del trabajador, del permiso para realizar la tarea correspondiente.

Habitualmente quien concede el permiso de trabajo es alguien de la propia empresa que es “ajeno” en sí a la ejecución del trabajo, aunque generalmente perteneciente a la línea de mando con autoridad (por su lugar en la organización) para supervisar y acreditar que se cumple el procedimiento en lo referente a la cualificación, el momento y las condiciones de seguri-

¹⁸ La obligatoriedad de la presencia de recursos preventivos queda establecida en el artículo 32 bis de la Ley 31/1995 y artículo 22 bis del Real Decreto 39/1997.

dad en que se va a ejecutar, contando previamente con el asesoramiento del servicio de prevención.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que la concesión de un permiso tiene la misma justificación y objetivo que la obligatoriedad de seguir un procedimiento (instrucciones) o la presencia de un recurso preventivo y no es otro que el de controlar que la actuación del trabajador es adecuada no sólo desde un punto de vista técnico sino también preventivo. En trabajos considerados como especialmente peligrosos (a efectos de este real decreto), y en los que sea obligatoria la presencia de un recurso preventivo, habrá que tener en cuenta que este va a supervisar las condiciones de ejecución de la tarea y por tanto adquiere, por tener la capacitación adecuada, una gran relevancia en el funcionamiento del sistema de permisos de trabajo.

Cuando la peligrosidad de un trabajo es consecuencia de que los riesgos puedan verse agravados o modificados por la concurrencia de actividades empresariales, hay que tener en cuenta el papel del coordinador para controlar el momento y condiciones en que una empresa va a realizar un trabajo y el procedimiento para llevarlo a cabo, independientemente del control interno (como el descrito antes) que haya previsto la propia empresa.

f. Personal encargado de verificar la seguridad de los lugares de trabajo

Al inicio de los trabajos, el personal encargado de verificar la seguridad de los lugares de trabajo debe comprobar que las medidas preventivas y de protección adoptadas son las previstas en el DPCE y que, además, están en condiciones operativas (apartado 2.8 del anexo II.A del Real Decreto 681/2003). A la hora de establecer la cualificación del personal que realiza estas verificaciones deberían tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- Si las medidas de protección reflejadas en el DPCE fueron propuestas, en su momento, por trabajadores pertenecientes a la modalidad preventiva con una formación acreditada adecuada para realizar funciones de nivel superior, ese mismo personal u otro con una cualificación similar estarían capacitados para llevar a cabo esta función.
- Si se trata de verificar la seguridad de equipos eléctricos y sistemas de protección de instalaciones eléctricas de baja tensión, se realizarán de acuerdo con la ITC-BT-29 del REBT. Estas verificaciones serán realizadas por el personal con la capacitación adecuada que determine el empresario (asesorado el servicio de prevención).
- Si el trabajador dispone de una experiencia certificada de dos o más años en el campo de prevención de explosiones o dispone de una formación espe-

cífica en dicho campo impartida por una entidad pública o privada con capacidad para desarrollar actividades formativas en prevención de explosiones, podrá realizar esta actividad siempre y cuando el empresario (asesorado por el servicio de prevención) así lo determine.

La experiencia de dos o más años que se requiere para realizar esta función debe ser "certificada" por la empresa o empresas en las que el trabajador ha desarrollado los trabajos en el campo de prevención de explosiones, y en dicho certificado se deben detallar las funciones realizadas.

La formación específica en el campo de la prevención de riesgos laborales debe ser impartida por una o varias entidades públicas o privadas con capacidad para desarrollar dicha actividad formativa. Por tanto, corresponde también al empresario (asesorado por su servicio de prevención) decidir si la formación recibida por el trabajador le acredita para realizar este tipo de actividades.

La decisión final acerca de qué personal (de entre los relacionados) llevará a cabo la verificación de la seguridad corresponderá al empresario que, con el asesoramiento del servicio de prevención, elegirá en cada caso a la persona con la formación adecuada según la complejidad de la comprobación a realizar.

g. Personal encargado de la desconexión de los sistemas de protección

La necesidad de desconexión de los aparatos y sistemas de protección cuando se aparten de sus condiciones de funcionamiento previstas debe haberse tenido en cuenta en la evaluación de riesgos, incluso en aquellos procesos automáticos (apartado 2.9 del anexo II.A del Real Decreto 681/2003). El análisis de dicha necesidad requiere el conocimiento de los márgenes de seguridad y de la operativa a seguir para no afectar, finalmente, a la seguridad y salud de los trabajadores.

Evidentemente en este tipo de situaciones, conforme sea más amplio el margen de decisión a tomar por la persona que realiza la desconexión, mayor debe ser su cualificación. En el caso de que se hayan establecido unas instrucciones muy detalladas respecto al procedimiento a seguir, estas intervenciones podrán ser realizadas por trabajadores con la formación requerida por los artículos 18 y 19 de la Ley 31/1995 que debe incluir una formación específica (teórica y práctica) de dichas instrucciones. Por el contrario, si no existe un procedimiento y las decisiones a tomar comprometen la seguridad de los trabajadores, puede llegar a ser necesaria la actuación del personal perteneciente al servicio de prevención con formación para realizar las funciones de nivel superior.

Funciones	Actividad	Cualificación preventiva
Elaboración del DPCE	Implica principalmente: • Evaluación de riesgos¹⁹ • Selección y propuesta de medidas de prevención y protección.	• Trabajador designado. • Personal perteneciente al SPP²⁰ o al SPM²¹ • Personal perteneciente al SPA²².
Supervisión y control ambiental	Planificación y elaboración del procedimiento.	• Formación para el desarrollo de las funciones de nivel superior y pertenencia al Servicio de prevención
	Control ambiental durante la realización de trabajos para la detección precoz de la formación de una atmósfera explosiva que pueda poner en peligro la seguridad de los trabajadores siguiendo un procedimiento establecido.	• No se exige una determinada cualificación preventiva. Dependerá del grado de autonomía que permita el procedimiento. • En cualquier caso, debe disponer de la información y formación preventiva de acuerdo con los artículos 18 y 19 de la LPRL, que incluya la formación específica el procedimiento.
Coordinación de actividades empresariales	• Garantizar la aplicación correcta de los métodos de trabajo por las empresas concurrentes²³ en el centro de trabajo. • Controlar las interacciones de las diferentes actividades desarrolladas en el centro de trabajo por las empresas concurrentes. • Garantizar la adecuación entre los riesgos existentes en el centro de trabajo que puedan afectar a los trabajadores de las empresas concurrentes y las medidas aplicadas para su prevención. • Servir de cauce para el intercambio de información entre las empresas concurrentes en el centro de trabajo. • Colaborar, en su caso, con los recursos preventivos de los empresarios concurrentes. • Cualesquiera otras encomendadas por el empresario titular del centro de trabajo.	• Formación preventiva correspondiente, como mínimo, a las funciones del nivel intermedio. Pueden realizar la actividad, teniendo en cuenta lo anterior: – Personal de la organización preventiva especializada de la empresa (trabajador designado, SPP, SPA, SPM). – Trabajadores que, sin pertenecer a la modalidad preventiva, tengan los conocimientos y experiencia necesarios (actividad integrada). – Trabajadores de empresas dedicadas a la coordinación.
Recurso preventivo	Vigilar que los trabajos se realicen conforme a los procedimientos establecidos cuando se llevan a cabo operaciones peligrosas en sí mismas.	• Formación preventiva correspondiente, como mínimo, a las funciones del nivel básico. • Formación relativa al procedimiento de trabajo que debe vigilar. Puede realizar la actividad, teniendo en cuenta lo anterior: – Personal designado por el empresario por su experiencia en el trabajo a realizar (opción preferente). – Personal de la modalidad preventiva de la empresa (trabajador designado, SPP, SPA, SPM).
Instrucciones y permisos de trabajo	Elaboración de instrucciones y permisos de trabajo.	• Instrucciones de trabajo: formación para el desarrollo de las funciones de nivel superior en colaboración con los departamentos implicados. • Permisos de trabajo: expedidos por una persona autorizada.
	Ejecución de las instrucciones y permisos de trabajo.	• No se exige una determinada cualificación preventiva. Dependerá del grado de autonomía que permita el procedimiento. • En cualquier caso, debe disponer de una formación específica sobre la tarea a realizar, de acuerdo con los artículos 18 y 19 de la Ley 31/1995.

¹⁹ Puntualmente se podrá subcontratar la determinación y extensión de zonas clasificadas en el caso de SPA.

²⁰ SPP: Servicio de prevención propio.

²¹ SPM: Servicio de prevención mancomunado

²² SPA: Servicio de prevención ajeno.

²³ Deben entenderse incluidos los trabajadores autónomos concurrentes.

Funciones	Actividad	Cualificación preventiva
Verificación de la seguridad de los lugares de trabajo	Comprobar que las medidas preventivas y de protección adoptadas son las previstas en el DPCE y que, además, están en condiciones operativas.	Con carácter general: • Formación para el desarrollo de las funciones de nivel superior o • Experiencia certificada de dos o más años en prevención de explosiones o • Formación específica en prevención de explosiones impartida por una entidad pública o privada con capacidad para desarrollar actividades formativas en prevención de explosiones, siempre y cuando el empresario acredite la adecuación de dicha formación. En el caso de la verificación de equipos eléctricos y sistemas de protección de instalaciones eléctricas de baja tensión: de acuerdo con la ITC-BT-29 del REBT.
Desconexión de sistemas de protección	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.	• No se exige una determinada cualificación preventiva En cualquier caso, debe disponer de una formación específica que permita al trabajador actuar correctamente de acuerdo con las instrucciones establecidas.

Tabla 3: Resumen de las funciones y cualificaciones.

APÉNDICE 2

DOCUMENTO DE PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIONES

El DPCE, como se ha dicho a lo largo de esta guía, recoge básicamente la evaluación de los riesgos de los lugares de trabajo en los que puedan formarse atmósferas explosivas y las medidas de protección que se han adoptado al respecto siguiendo los principios generales de la acción preventiva (artículo 15 de la Ley 31/1995) para evitar el riesgo o, en su defecto, reducirlo hasta niveles seguros.

Este DPCE puede constituir un documento específico o integrarse total o parcialmente con la documentación general que tiene el empresario en cumplimiento del artículo 23 de la Ley 31/1995.

La evaluación del riesgo de explosión por presencia de atmósferas explosivas integra:

- **Identificar las sustancias inflamables** presentes en los lugares de trabajo.
- **Analizar la posibilidad de formación de ATEX** por la mezcla de las sustancias inflamables presentes con el aire.
- **Determinar las zonas** en las que puede darse una ATEX.

- **Conocer las fuentes de ignición** presentes en las zonas clasificadas que pueden inflamarse la atmósfera explosiva.

Para evaluar este tipo de riesgos existen metodologías complejas como HAZOP, árboles de sucesos, árboles de fallos, etc., cuya aplicación requerirá, en la mayoría de los casos, el trabajo conjunto de un equipo multidisciplinar con conocimiento profundo de cada una de las instalaciones a analizar. Estos métodos resultan útiles principalmente en instalaciones técnicas complejas. Sin embargo, no siempre es necesario recurrir a métodos complejos. El presente apéndice presenta una serie de actuaciones sencillas y accesibles en la que se analizan de forma sistemática las causas o factores que provocan el riesgo de explosión, con el objetivo de eliminarlo en cada una de las etapas evitando así el paso a la siguiente etapa.

En la figura 7 se engloba el conjunto de actividades preventivas que se deben realizar y, en cada paso del diagrama, se indica en qué apartado de este apéndice se desarrolla o se remite al apéndice que lo contempla.

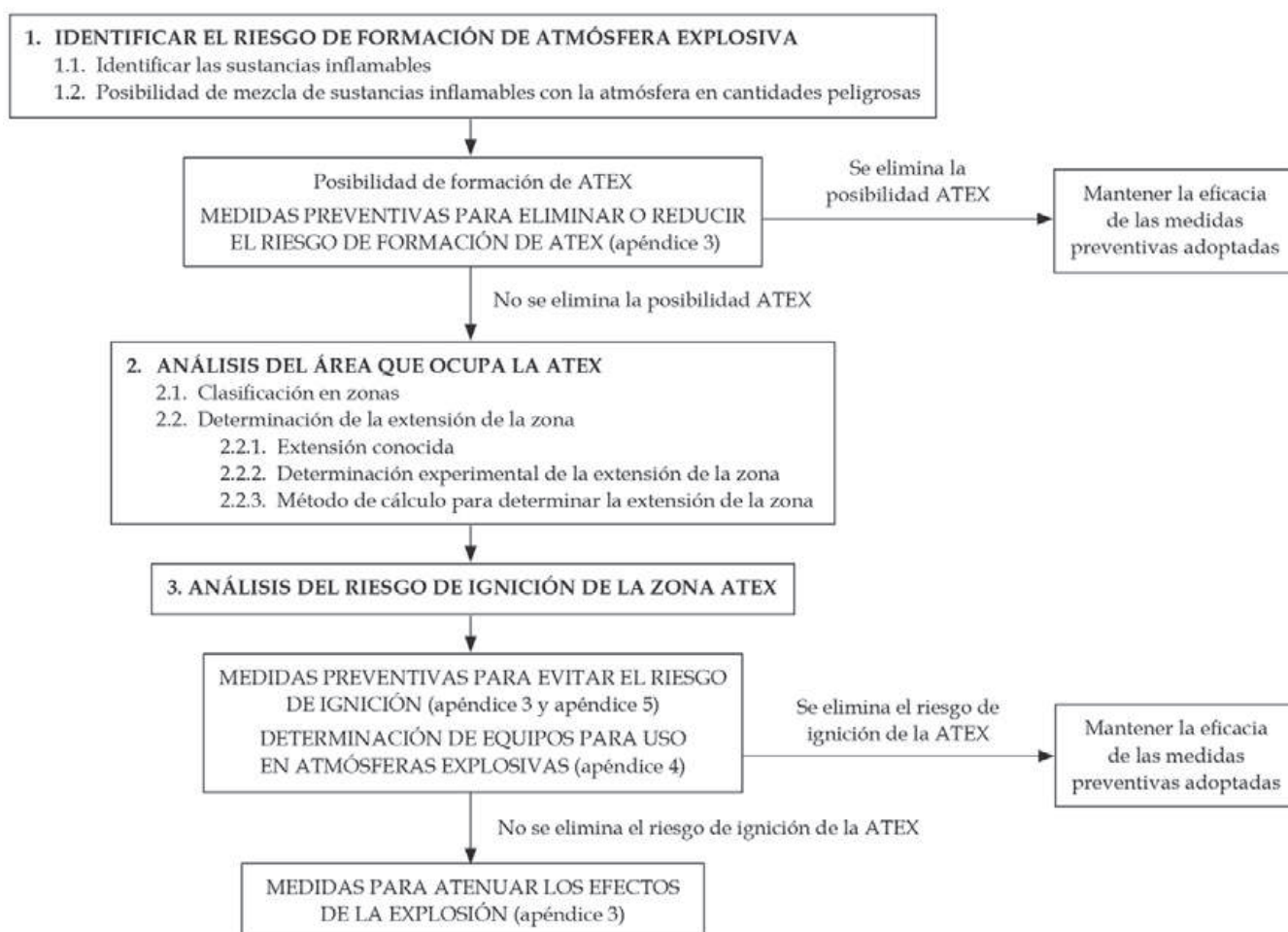


Figura 7. Diagrama del conjunto de actividades preventivas que se deben realizar en zonas con riesgo de ATEX.

1. Identificar el riesgo de formación de atmósfera explosiva

Para determinar la posibilidad de que en el lugar de trabajo se puedan formar atmósferas explosivas es necesario conocer la naturaleza y las propiedades de

inflamabilidad de las sustancias presentes, así como los puntos en que dichas sustancias en forma de gas, vapor, niebla o polvo puedan mezclarse con el aire. Para ello, el procedimiento a seguir es el que se representa en la figura 8.

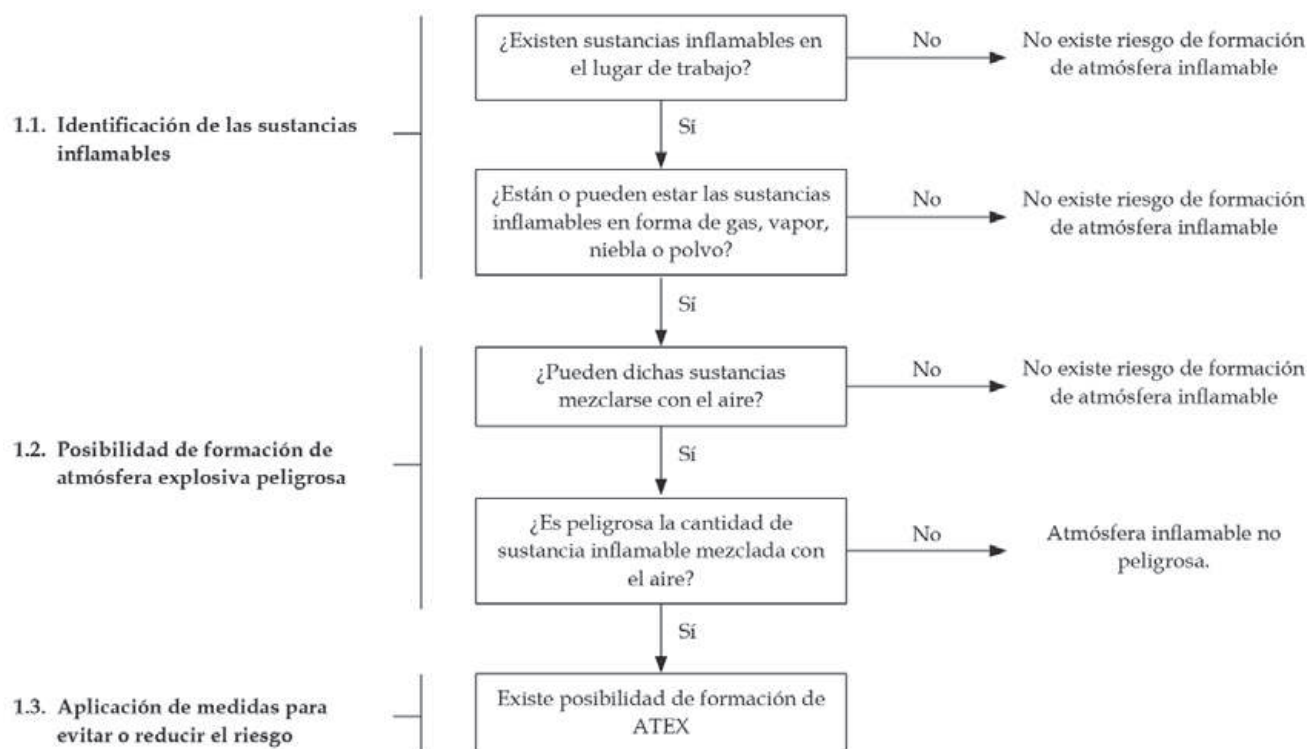


Figura 8. Diagrama del procedimiento de identificación del riesgo de formación de ATEX.

1.1. Identificación de las sustancias inflamables

La presencia de sustancias inflamables responde principalmente a las necesidades del propio proceso, como materia prima, producto final o compuestos intermedios en el proceso de fabricación, o bien no interviene directamente en el proceso pero es necesaria en actividades relacionadas con el mismo (mantenimiento, reparación, limpieza...). Por ello en la identificación de las sustancias inflamables se deben considerar todas las circunstancias en que estas pueden aparecer. Por ejemplo²⁴:

- se generan como residuo o impureza,
- se utilizan, se forman o se liberan al ambiente en el transcurso de las actividades no ligadas al proceso laboral básico (limpieza, desinfección, obras y modificaciones),
- penetran desde el exterior por alguna vía (ventilación, vehículos),
- además, hay que tener en cuenta que las sustancias inflamables también pueden aparecer de manera

involuntaria por reacciones entre determinados materiales o sustancias, por ejemplo, en el almacenamiento de soluciones alcalinas o ácidos débiles en recipientes metálicos,

- y se pueden generar como producto de degradación de materias primas, productos intermedios o productos acabados durante su almacenaje.

Si la sustancia está sometida a legislación sobre comercialización, la información necesaria para conocer sus propiedades de inflamabilidad y/o combustibilidad se obtiene de:

- La etiqueta del producto: todos los productos químicos peligrosos comercializados deben estar etiquetados de acuerdo con el Reglamento (CE) n° 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) n° 1907/2006 (de ahora en adelante, CLP).

²⁴ Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con agentes químicos, elaborada por el INSST.

- La ficha de datos de seguridad (FDS) y, en su caso, de los escenarios de exposición que pueda llevar anexados conforme al Reglamento (UE) 2015/830 de la Comisión de 28 de mayo de 2015 por el que se modifica el Reglamento (CE) no 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH). Esta FDS permite adoptar las medidas necesarias para la protección de la salud humana y la seguridad en el trabajo, así como del medio ambiente.

La FDS, de acuerdo con el Reglamento REACH, deberá ir fechada y deberá incluir los siguientes epígrafes:

- 1) identificación de la sustancia o preparado y de la sociedad o empresa;
- 2) identificación de los peligros;
- 3) composición/información sobre los componentes;
- 4) primeros auxilios;
- 5) medidas de lucha contra incendios;
- 6) medidas en caso de liberación accidental;
- 7) manipulación y almacenamiento;
- 8) control de exposición/protección individual;
- 9) propiedades físicas y químicas;
- 10) estabilidad y reactividad;
- 11) información toxicológica;
- 12) información ecológica;
- 13) consideraciones sobre eliminación;
- 14) información sobre el transporte;
- 15) información reglamentaria;
- 16) otra información.

En relación con el etiquetado de una sustancia o mezcla clasificada como peligrosa y contenida en un envase, de acuerdo con el Reglamento CLP, en la etiqueta debe aparecer:

- a) el nombre, la dirección y el número de teléfono del proveedor o proveedores;
- b) la cantidad nominal de la sustancia o mezcla contenida en el envase a disposición del público en general, salvo que esta cantidad ya esté especificada en otro lugar del envase;
- c) los identificadores del producto, tal como se especifica en el artículo 18 del Reglamento CLP;
- d) cuando proceda, los pictogramas de peligro de conformidad con el artículo 19 del Reglamento CLP;
- e) cuando proceda, las palabras de advertencia de conformidad con el artículo 20 del Reglamento CLP;

- f) cuando proceda, las indicaciones de peligro de conformidad con el artículo 21 del Reglamento CLP;
- g) cuando proceda, los consejos de prudencia apropiados de conformidad con el artículo 22 del Reglamento CLP;
- h) cuando proceda, una sección de información suplementaria de conformidad con el artículo 25 del Reglamento CLP.

Los pictogramas que acompañan a las sustancias que pueden generar ATEX son:



Figura 9. Sustancia comburente.²⁵



Figura 10. Sustancia inflamable.



Figura 11. Pictograma E (explosivo).²⁶

²⁵ Una sustancia comburente no formará atmósfera inflamable por sí misma, pero favorecerá el mantenimiento y propagación de la llama.

²⁶ El pictograma E (explosivo) se reserva a las sustancias con propiedades explosivas que no necesitan formar atmósfera inflamable para reaccionar de forma explosiva.

A falta de lo anterior, y como se ha indicado en el desarrollo del artículo 2 de esta guía técnica, se puede obtener información relativa a las propiedades físicas y químicas de los agentes químicos en manuales de seguridad industrial, de higiene industrial, en bases de datos de riesgos de los productos químicos, etc.²⁷

Para el caso de materia particulada, de forma general se debe considerar la posibilidad de que forme atmósfera explosiva, toda aquella materia en forma de polvo que provenga de sustancias combustibles y cualquier sólido susceptible de oxidarse (inflamable). La información relativa a las propiedades físicas y químicas se puede encontrar en manuales de seguridad industrial, de higiene industrial, etc.

Se pueden obtener valores concretos de inflamabilidad, combustibilidad o explosividad en base a los ensayos normalizados.²⁸

1.2. Posibilidad de formación de atmósfera explosiva

La atmósfera explosiva se forma cuando una cantidad peligrosa de sustancia inflamable en forma de gas, vapor, niebla o polvo se mezcla con el aire. Esta circunstancia puede ocurrir porque la sustancia inflamable se libera al ambiente de trabajo o bien por tratarse de almacenamientos atmosféricos en los que el aire está en el interior del recipiente que la contiene.

En este punto de la evaluación se debe contestar a dos preguntas:

- **¿Puede la sustancia inflamable mezclarse con el aire?**
- **¿Es peligrosa la cantidad de mezcla sustancia inflamable-aire formada?**

1.2.1. ¿Puede la sustancia inflamable mezclarse con el aire?

En muchos casos la existencia de escapes o emisiones a la atmósfera de una sustancia inflamable es evidente; es el caso de recipientes abiertos que contienen líquidos inflamables, zonas de carga y descarga, dispositivos de sobrepresión, uniones no soldadas de tuberías... En otros casos, habrá que analizar las posibles circunstancias en que se puede producir la mezcla de sustancia inflamable con el aire, teniendo en consideración todas las circunstancias en las que se produce la actividad laboral, tanto de forma habitual como no ha-

bitual incluyendo los disfuncionamientos previsibles. A continuación, se analizan diferentes circunstancias en las que debe evaluarse la posibilidad de la mezcla de la sustancia inflamable con el aire:

a) Análisis del proceso

Se analizarán las partes de los equipos o instalaciones donde se puede mezclar la sustancia inflamable que contengan con el aire. Cada instalación de trabajo debe ser objeto de un estudio que tendrá en cuenta las diferentes condiciones de funcionamiento. Los procesos mecánicos en los que se produce movimiento de fluidos (por ejemplo, vertido de líquidos, trasvase, inyección, agitación, etc.) son susceptibles de formar atmósferas explosivas por nieblas de líquidos inflamables. En cuanto a las atmósferas inflamables por nube de polvo, generalmente, también se producen por procesos mecánicos, tales como vertidos, mezclas, cribados, moliendas, actividades de conformación de piezas (caso de polvo metálico, madera...). Pero, en este caso, no hay que olvidar que el polvo depositado (en capa) puede formar una nube de polvo por presencia de pequeñas corrientes de aire.

b) Análisis de la actividad

En las actividades en que intervengan o se puedan generar sustancias inflamables, se analizarán los procedimientos de trabajo y condiciones de operación, considerando el modo de manipulación, limpieza, reparación, mantenimiento... Si se realizan actividades con determinadas sustancias que estén reglamentadas, se verificará que dichas actividades se hagan conforme a la legislación de aplicación²⁹.

c) Análisis de disfuncionamientos

Se analizarán detalladamente, y en particular, los disfuncionamientos razonablemente previsibles, ya que estos forman parte del funcionamiento del equipo, por ejemplo: paradas del sistema de ventilación/aspiración o enfriamiento, desgaste de aislamientos, bridas u otros sistemas de unión, dando lugar a fugas de producto y vertidos accidentales, averías previsibles y partes vulnerables de los equipos, paradas accidentales en la alimentación de producto, etc.

La evaluación de riesgos debe incluir también los posibles disfuncionamientos debidos al factor humano.

²⁷ El apéndice 2 de la [Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con agentes químicos](#), elaborada por el INSST, contiene una relación de fuentes de información.

²⁸ Por ejemplo, los recogidos en las normas:

- UNE-EN ISO/IEC 80079-20-1:2021.
- UNE-EN ISO/IEC 80079-20-2:2016/AC: 2017.

²⁹ Por ejemplo: [Real Decreto 1416/2006, de 1 de diciembre, por el que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MI-IP 06 "Procedimiento para dejar fuera de servicio los tanques de almacenamiento de productos petrolíferos líquidos"](#).

d) Envasado y almacenamiento de sustancias inflamables

Se evaluarán las condiciones de envasado y almacenamiento de las sustancias inflamables teniendo en cuenta, si fuese el caso, el cumplimiento de la legislación específica que le sea de aplicación³⁰.

Se puede prever formación de atmósfera explosiva por fugas en envases dañados, derrames accidentales o mala manipulación.

1.2.2. ¿Es peligrosa la cantidad de mezcla sustancia inflamable-aire formada?

La cantidad de agente peligroso está relacionada con el riesgo por formación de atmósferas explosivas y, por tanto, la seguridad y salud de los trabajadores puede verse afectada. Por ello hay que identificar las cantidades utilizadas o que intervienen en cada una de las circunstancias en que se ha analizado la posibilidad de formación de atmósfera explosiva.

En el desarrollo del punto 1 del anexo I de esta guía técnica se han citado algunos ejemplos en los que la cantidad de atmósfera explosiva formada puede ser tan pequeña que no sea necesario determinar una zona peligrosa. De cualquier forma, para considerar si una zona debe ser clasificada, aunque sean pequeñas cantidades, se deberían tener en cuenta aspectos tales como:

- Las circunstancias de uso.
- La generación de otras explosiones: la inflamación de una pequeña nube de polvo puede no causar en principio daños a los trabajadores ni afectar al resto de equipos, sin embargo, la onda de presión puede poner en suspensión capas de polvo adyacentes. Esta nube podría inflamarse por el pequeño incendio inicial agravando las consecuencias que en principio eran despreciables.
- Las condiciones de formación ATEX: la clasificación de zonas se realiza de acuerdo con la frecuencia y duración de la atmósfera inflamable. Si es muy poca cantidad, pero se genera muy frecuentemente, la necesidad o no de su clasificación dependerá de la duración, ya que, si la atmósfera explosiva formada persiste en el tiempo, la acumulación de pequeños escapes podría generar una gran cantidad de ATEX.
- Los equipos y zonas que se puedan ver afectados en caso de que se produzca la ignición: una pequeña explosión sin consecuencias puede generar suficiente energía para calentar equipos adyacentes o incluso dañarlos provocando la formación de atmósferas explosivas no esperadas y generando incendios y explosiones en cadena.

Además, para estimar la cantidad de atmósfera explosiva que se puede formar, será útil el conocimiento de

determinadas propiedades fisicoquímicas de las sustancias. Por ejemplo, son propiedades interesantes a este efecto:

- Punto de inflamación (*flash point*) para líquidos: si está por debajo de esa temperatura, no emite suficiente cantidad de vapores, con lo cual no se forma atmósfera inflamable.
- Granulometría de polvos: si son partículas grandes, tampoco se forma atmósfera explosiva, aunque esté en suspensión.

Este tipo de datos hay que tratarlos con extrema precaución teniendo en cuenta las posibles variables que puedan afectar a la situación segura: posible elevación de la temperatura evaporando el líquido, prolongación del proceso mecánico del material granulado que haga disminuir su tamaño por abrasión, acumulación de material de reserva en la zona de actividad si el trabajo se prolonga, etc.

De esta primera etapa habremos obtenido datos como:

- Referencia o nombre de producto.
- Estado físico y grado de división del producto.
- Análisis de los procesos donde intervienen dichas sustancias.
- Zona de trabajo donde se utiliza el producto.
- Cantidad utilizada.
- Frecuencia de utilización.
- Áreas de formación de atmósfera explosiva.
- Áreas de formación de depósitos de polvo.
- Información de sus propiedades de inflamabilidad obtenidas del etiquetado o fichas de datos de seguridad u otras fuentes.
- Escenarios de riesgo previsibles no habituales...

A partir de estos datos iniciales, se presentan a continuación diferentes medidas preventivas a adoptar cuya aplicación evita o simplifica la continuidad de evaluación del riesgo de explosión.

Medidas para evitar la formación de atmósfera explosiva

Desde el momento en que se identifica que la sustancia inflamable en forma de gas, vapor, polvo o niebla puede mezclarse con el aire en cantidades peligrosas, existe el riesgo de que se forme atmósfera explosiva. Por tanto, siguiendo los principios de la acción preventiva, habrá que aplicar las medidas necesarias para evitar la formación de dicha atmósfera explosiva antes de seguir evaluando.

En principio, se trata de aplicar medidas lógicas y muy sencillas que minimizan el riesgo facilitando las actuaciones posteriores de eliminación o control de la atmósfera explosiva como, por ejemplo:

³⁰ Por ejemplo: Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos (Real Decreto 656/2017).

- sustituir la sustancia inflamable o combustible por otra que no lo sea o
- eliminar los puntos de escape, fuga y en general aquellos puntos en los que la sustancia inflamable/combustible se mezcla con el aire.

La aplicación de estas medidas puede evitar la formación de atmósferas explosivas y, por tanto, la necesidad de seguir evaluando ya que habría desaparecido el riesgo de explosión.

Sin embargo, muchas veces la aplicación de estas medidas no será posible o no eliminarán por completo el riesgo requiriéndose la aplicación de medidas que reduzcan el riesgo. Dichas medidas no llegan a eliminar el riesgo y, por tanto, será necesario seguir evaluando³¹.

2. Análisis del área que ocupa la atmósfera explosiva

Los pasos a seguir en esta etapa son:

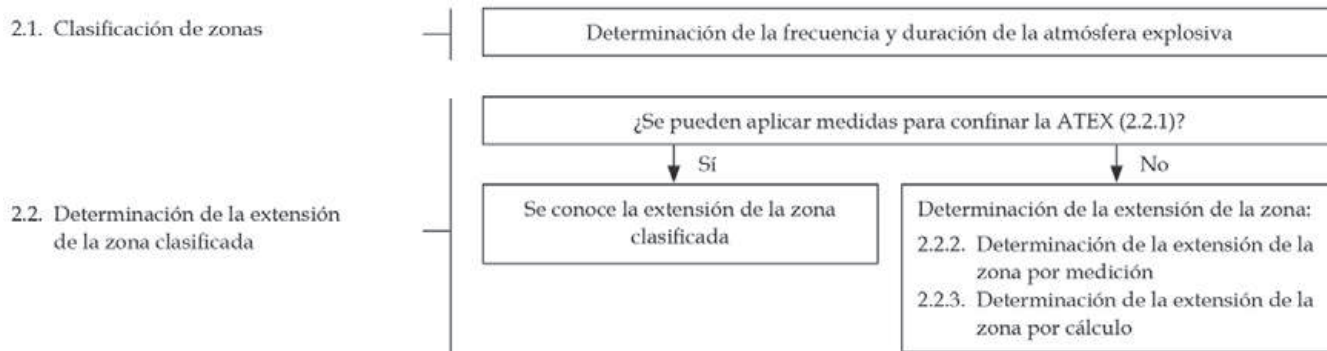


Figura 12. Etapas del análisis del área que ocupa la ATEX.

2.1. Clasificación de zonas

Las áreas con riesgo de explosión se clasificarán en zonas en función de la probabilidad de que se forme la ATEX; para ello se analizará la frecuencia y la duración de la atmósfera explosiva. Por tanto, la “duración” de

la atmósfera explosiva a que se refieren el artículo 4 y el anexo I del Real Decreto 681/2003, en la clasificación de zonas, hay que entenderla en cuanto a la frecuencia de aparición y tiempo de actuación de las medidas preventivas adoptadas.

	Sustancia inflamable que origina la ATEX		Características	Ejemplo
	Gas / vapor / niebla	Polvo		
Clasificación de la zona	0	20	La ATEX está presente de forma permanente	Interior de silos (figura 13) o molinos (figura 14)
	1	21	La ATEX está presente a intervalos	Procesos de carga y descarga de combustibles (figura 15) y vertidos en almacenamientos (figura 16)
	2	22	La ATEX está presente de forma accidental	Fallos de válvulas, bridas (figura 17)

Tabla 4 Clasificación de zona ATEX.



Figura 13. Interior de silos, tolvas, etc.



Figura 14: Interior de molinos.

³¹ Las medidas preventivas y de protección a adoptar en las diferentes fases del proceso de evaluación del riesgo de ATEX se analizan con detalle en el apéndice 3 de esta guía técnica.



Figura 15. Operaciones puntuales de carga y descarga de productos inflamables.



Figura 16. Escenarios previsibles de vertidos en almacenamientos.



Figura 17. Fallos en bridas, válvulas y elementos de unión.

2.2. Determinación de la extensión de la zona clasificada

La extensión de la zona clasificada debe limitarse lo máximo posible mediante la aplicación de medidas como el confinamiento de la atmósfera explosiva.

En ocasiones esto no es posible o suficiente y se procederá a determinar la extensión de la zona clasificada por otros métodos.

El criterio para determinar la extensión de la zona clasificada es el de máxima distancia desde el foco de

emisión de la sustancia inflamable a la cual presenta una concentración igual al LIE. Aparte de otras variables, como corrientes de aire, condiciones de ventilación, humedad, etc., este límite, particular para cada sustancia inflamable, está determinado en condiciones de ensayo conocidas que pueden coincidir o no con las condiciones ambientales del lugar de trabajo. Por tanto, no se debe tomar como una barrera que separa una situación segura de una concentración explosiva, sino que, como cualquier otro compuesto peligroso para la salud de los trabajadores, se debe adoptar un coeficiente de seguridad (sobredimensionamiento), que nos permita garantizar de forma permanente la ausencia de atmósfera explosiva en las áreas adyacentes a las zonas clasificadas.

Para llevar a cabo estas determinaciones se pueden proponer varios métodos: métodos experimentales basados en la determinación directa mediante mediciones y, métodos teóricos basados en cálculos empíricos, que se encuentran recogidos en normas nacionales e internacionales (véase apartado 2.2.3. de este apéndice).

En cualquier caso y dada la trascendencia del riesgo, sería conveniente que en todos los casos se llevase a cabo la verificación de los valores de extensión de las zonas, mediante la realización de alguna medición.

2.2.1. Aplicación de medidas para reducir o confinar la atmósfera explosiva

La actuación prioritaria para reducir al mínimo la extensión de la atmósfera explosiva es la aplicación de medidas que permitan confinar la ATEX. Se trata de soluciones sencillas de aislamiento de procesos que permiten confinar la atmósfera explosiva y con ello se controla su extensión.

Por ejemplo: si un recipiente emite vapores inflamables y por las circunstancias de proceso no puede ser cerrado, se puede confinar en una cabina. Así, los vapores inflamables emitidos por la superficie del líquido ocuparán una zona que, como máximo, será la extensión de la cabina. Luego, la instalación de una extracción localizada de la atmósfera explosiva formada en la cabina evitaría su acumulación y permanencia de dichos vapores inflamables.

Para el caso de polvos, la separación de procesos mediante paneles o pantallas también puede ser una buena opción para limitar el espacio que ocupa la atmósfera inflamable. Estas medidas deben ir acompañadas de un procedimiento de limpieza adecuado para evitar la acumulación de depósitos de polvo en la zona.

Una vez confinada la atmósfera explosiva, las medidas a aplicar para su eliminación se limitarán al área establecida. De esta forma se consigue controlar la atmósfera explosiva y reducir el coste de las medidas a aplicar.

2.2.2. Cálculo de la extensión de la zona mediante procedimiento de medición ATEX por gases y vapores inflamables

Se propone a continuación un sistema de determinación de la extensión de las zonas mediante un proceso experimental basado en mediciones de la concentración de la sustancia inflamable en el ambiente.

Los aspectos concretos de este sistema deben ser desarrollados por la persona o equipo que va a evaluar el riesgo, pero en líneas generales debe responder a cuatro cuestiones previas:

- a) Dónde medir.
- b) Cómo medir.
- c) Con qué medir.
- d) Cuándo medir.

a) Dónde medir

Zonas 0 y 1:

Según el concepto preventivo, llegados a este punto

las zonas 0 y 1 ya habrían tenido que ser controladas y no sería necesario determinar la extensión de la zona. Sin embargo, si por circunstancias excepcionales o específicas del proceso no hubiera sido así, se procederá a medir la concentración de la sustancia inflamable en el ambiente. Las zonas clasificadas como 0 o 1 se asocian a emisiones permanentes o al menos frecuentes, por tanto, se pueden realizar las mediciones a partir del punto de escape o emisión.

Zona 2:

La generación de atmósferas explosivas que den lugar a zonas 2 es, por definición, poco previsible. Por lo tanto, la presencia de inflamables que puedan generar este tipo de zonas hay que situarlo en potenciales fugas accidentales, ya sea por fallos en la estanqueidad de las instalaciones (fugas esporádicas en bridas, válvulas, cierres, etc.), ya sea por accidentes previsibles, aunque no esperados (roturas de cierres de envases, pequeños derrames, etc.).

En algunas ocasiones y siempre y cuando sea posible, ya que puede comportar peligros adicionales, se puede determinar hasta dónde se extiende la atmósfera explosiva recreando la posible fuga o emisión³² para realizar las mediciones de la concentración de la sustancia inflamable en el aire.

b) Cómo medir

Se debe establecer una estrategia de muestreo y medir a partir del foco de emisión teniendo en cuenta que, puesto que la atmósfera explosiva ocupará un volumen en el espacio, se pueden fijar los puntos de medición de forma radial en los tres ejes del espacio (siempre que sea posible la difusión del inflamable o inflamables en todas las direcciones) a distancias determinadas. De esta manera se puede conocer el decrecimiento de las concentraciones de la sustancia inflamable a medida que nos alejamos del foco y, así, se dispondrá de un conocimiento bastante preciso de la extensión de la ATEX.

Para determinar esta estrategia con mayor exactitud, es necesario tener en cuenta ciertas consideraciones:

- La densidad de la sustancia inflamable respecto al aire: una sustancia menos densa que el aire tiende a ascender acumulándose en mayor cantidad en las zonas por encima del foco de emisión. En este caso habrá que incrementar las mediciones en la parte superior. Lo contrario ocurrirá si la sustancia es más densa que el aire. El volumen de la atmósfera inflamable crecerá alejándose del foco hacia la parte superior o inferior tanto más cuanto mayor sea la diferencia de densidad con el aire.

³² Por ejemplo, en el caso de fugas de válvulas, es posible reproducir un escape abriendo la válvula.

- Las corrientes de aire hacen que la distribución de la atmósfera inflamable no sea homogénea. Si existiesen corrientes de aire en la zona a medir, estas se podrían detectar mediante la utilización de tubos fumígenos adecuados, procediendo a intensificar las mediciones en dicha dirección y comprobando la posible acumulación de los gases o vapores en zonas muertas.

Una vez determinada la distancia a partir del foco y en las direcciones posibles de propagación, en que el inflamable presenta concentraciones iguales al LIE, se debe adoptar un criterio de seguridad con el fin de limitar la extensión a partir de la cual no es esperable que se presenten atmósferas explosivas. Dicho criterio puede variar en función de las características del proceso, del tipo de instalación, del tipo de sustancias, del personal implicado... Para minimizar el riesgo por atmósfera explosiva, en los puntos que se van a considerar como límite de zona ATEX, se puede adoptar el criterio de disminuir el LIE hasta un porcentaje que se considere seguro.

El número de mediciones también será función de las características específicas del proceso, instalación, sustancias implicadas, personal afectado... y sobre todo de si son o no son esperables fluctuaciones importantes en la concentración, bien sea por el propio proceso bien sea por variaciones en los sistemas de protección tales como la ventilación (sobre todo si se trata de ventilación natural).

c) Con qué medir

La detección de gases y vapores inflamables se puede efectuar de distintas formas en función de los objetivos buscados y características del medio a evaluar.

Los equipos de medida a utilizar para determinar la extensión de zonas deben ser de tipo cuantitativo, no siendo adecuado el uso de equipos de medición de tipo cualitativo o semicualitativo (tipo tubos colorimétricos).

Los equipos de lectura directa mediante detectores de gases combustibles simples o múltiples se denominan comúnmente explosímetros. La mayor parte de los sensores no son específicos para un determinado gas, sino que son sensibles a un grupo o familia de gases. Para seleccionar un sensor o un sistema de detección de gases y conseguir el resultado óptimo es necesario considerar lo siguiente:

- El tipo de gas que se quiere detectar. Esto permitirá la correcta selección del sensor para evitar las interferencias entre gases y la correcta calibración del aparato para mayor exactitud en las medidas.
- Los parámetros de ajuste respecto al gas de calibrado si fuese necesario.

- El tiempo de respuesta de los sensores e incertidumbre de medida del aparato.
- Las condiciones ambientales de la zona en que se va a utilizar:
 - La ventilación: habrá que realizar las mediciones en las condiciones normales de trabajo y por tanto con los sistemas de ventilación habituales, independientemente de que se planteen también escenarios de riesgo por mal funcionamiento de alguna parte del sistema de ventilación.
 - La temperatura: los aparatos están previstos para ser usados en un rango de temperaturas. Fuera de dicho rango deberá utilizarse un equipo previsto para ello según indicaciones del fabricante. Además, una temperatura elevada modificará el rango de explosividad de las sustancias (disminuirá el LIE y aumentará el LSE). Estas situaciones interferirán en la correcta detección de gases y vapores inflamables.
 - La presencia de otras sustancias que puedan alterar el funcionamiento de los sensores.
 - El enriquecimiento o empobrecimiento en oxígeno de la atmósfera estudiada...

Es imperativo respetar las especificaciones del fabricante para la utilización (véase apéndice 4 de esta guía técnica), seguir estrictamente sus instrucciones, así como el mantenimiento y control periódico de su calibración.

d) Cuándo medir

ATEX por gases y vapores inflamables

Las mediciones se llevarán a cabo en la situación más desfavorable que se pueda presentar en la zona a estudiar, es decir, en el periodo de máxima emisión (si se conoce en función del proceso o de la operación realizada en la zona), mínima ventilación (natural y forzada) que pueda producirse en condiciones normales de trabajo y elevada temperatura ambiental.

Se deberá repetir la medición en el caso de que se produzcan modificaciones en las condiciones iniciales en que se llevó a cabo dicha determinación. Además, se deberán realizar mediciones periódicas en función de las características concretas de las zonas clasificadas con el fin de controlar el mantenimiento de los límites de zona inicialmente establecidos.

ATEX por materia particulada

Para el caso de formación de atmósfera explosiva por nube de polvo, 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 (véase figura 18).



Figura 18. La extensión de la zona clasificada por nube de polvo se puede determinar por simple observación.

2.2.3. Determinación de la extensión de la zona mediante procedimiento de cálculo

ATEX por gases y vapores inflamables

Los métodos de cálculo para determinar la extensión de las zonas clasificadas mediante procedimientos de cálculo utilizan los estudios y teorías de la mecánica de fluidos.

La norma UNE-EN 60079-10-1:2016³³, y la guía de aplicación UNE 202007: 2006 IN recogen fórmulas y procedimientos para determinar la extensión de la zona clasificada. Para su aplicación es necesario conocer o calcular una serie de valores tales como la tasa de escape de la sustancia inflamable, la ventilación o su factor de ineficacia... que, en muchas ocasiones, es difícil de definir siendo necesario recurrir a estimaciones o valores bibliográficos.

Independientemente del procedimiento que se aplique, se deberán tomar los datos requeridos para los cálculos, lo más cercanos posible a la realidad, incluso haciendo ensayos si fuese necesario. Además, se deben prever condiciones de seguridad por la posible incertidumbre asociada al método.

Si se comparan los diferentes métodos de cálculo existentes, se obtendrán valores diferentes, lo que recalca la necesidad de conocer exactamente los parámetros y valores experimentales que adopta cada uno de los métodos seleccionados.

ATEX por materia particulada

La norma UNE-EN 60079-10-2:2016 establece un método cualitativo para la determinación de la extensión

de las zonas clasificadas como 20, 21 o 22. Dicho método consiste en tres etapas:

1. Identificación del polvo combustible.
2. Identificación de los elementos del equipo donde pueden darse mezclas de polvo combustible o fuentes de escape de polvo combustible y la posibilidad de formar capas de polvo combustible.
3. Determinación de la probabilidad de la formación de las mezclas de polvo.

En dicha norma se señala que, en muchas situaciones, para determinar la extensión de una zona 21 habitualmente puede considerarse una distancia de 1m alrededor de la fuente de escape para dicha zona.

3. Determinación del riesgo de ignición

Una vez identificadas y clasificadas las zonas y determinada su extensión, el riesgo de explosión por atmósfera explosiva se va a materializar cuando la misma coexista con una fuente de ignición con capacidad para inflamarla. Por lo tanto, para cada zona clasificada se deberán determinar las fuentes de ignición presentes y considerar su relevancia frente a la atmósfera explosiva.

En la tabla 5 se recogen las fuentes de ignición enumeradas en la norma UNE-EN 1127-1: 2020 y ejemplos de zonas, equipos, procesos, actividades...donde pueden aparecer. Aunque los ejemplos se han dado de modo genérico, en general hay que considerar:

- Las instalaciones fijas en el interior de zonas clasificadas.
- Los equipos móviles, herramientas y dispositivos que se puedan introducir puntualmente en las zonas clasificadas.
- Los fallos y disfuncionamientos previsibles que se puedan producir.
- Las actividades que se van a realizar en el interior de la zona clasificada.
- Cualquier otro que, a juicio del evaluador, pueda aparecer en el funcionamiento normal de la actividad (véase tabla 5).

Como se ha venido indicando a lo largo del apéndice, una vez identificadas las fuentes de ignición presentes en la zona clasificada, la primera actuación debe ser evitarlas. Por tanto, para adoptar las medidas adecuadas para su control y/o eliminación, habrá que analizar la causa de su presencia en la zona, es decir, si:

- forma parte del proceso,

³³ En diciembre de 2020 se aprobó la norma IEC 60079-10-1:2020. Actualmente se está trabajando en el PN-EN 60079-10-1:2020.

Fuentes de ignición	Condiciones de aparición
Superficies calientes	• Superficies calientes fácilmente reconocibles: calentadores eléctricos, radiadores, cabinas de secado, tuberías de vapor, material fundido, procesos en caliente... • 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...
Llamas y gases calientes	• Llamas desnudas: sopletes de soldadura, calentadores, encendedores... • Gases de combustión: motores de combustión interna, vehículos...
Impacto, fricción y abrasión generados mecánicamente.	• Impacto de herramientas metálicas entre sí, con otros metales, con hormigón... • Choques en los que están implicados metales ligeros (como aluminio y magnesio) y sus aleaciones • Operaciones de fricción y abrasión, tales como el amolado.
Material eléctrico	• Motores y equipos eléctricos en malas condiciones. • Apagado y encendido de circuitos.
Corrientes eléctricas parásitas, protección contra la corrosión catódica	• Fallos en instalaciones eléctricas. • Corrientes de retorno en instalaciones generadoras de potencia, como trenes eléctricos y grandes instalaciones de soldadura. • Efectos de inducción (cerca de instalaciones eléctricas con corrientes elevadas o transmisiones de radiofrecuencia elevadas).
Electricidad estática	• Circulación de fluido por una tubería, transmisiones de correas, transporte neumático de materiales pulverulentos...
Rayo	• Descarga de rayos. • Corrientes transitorias asociadas a la descarga del rayo que originan calentamientos, descargas y chispas. • Tormentas con ausencia de rayos: pueden inducir tensiones importantes en aparatos y equipos de protección.
Ondas electromagnéticas de radiofrecuencia de 10^4 Hz a $3 \cdot 10^{11}$ Hz	• Todos los sistemas que producen y utilizan energías eléctricas de alta frecuencia o sistemas de radio frecuencia (emisores de radio, generadores RF médicos o industriales para calentamiento, secado, endurecimiento, soldado, oxicorte...).
Ondas electromagnéticas de $3 \cdot 10^{11}$ Hz a $3 \cdot 10^{15}$ Hz	• Radiación entre el infrarrojo y el ultravioleta cuando se concentra. • Convergencia de la radiación solar.
Radiación ionizante	• Tubos de rayos X y de sustancias radiactivas.
Ultrasonidos	La absorción de ultrasonidos puede provocar el calentamiento local. • Medidores de caudal • En líquidos sometidos a ultrasonidos se forman cavidades que al colapsar producen altas temperaturas.
Compresión adiabática y ondas de choque	La compresión adiabática tiene lugar sin intercambio de calor con el exterior, elevando la temperatura. • Escapes de gas a través de orificios y en la apertura rápida de grifos y la subsiguiente compresión, como p. ej. en un manorreductor cerrado, válvula cerrada o soplete obturado.
Reacciones exotérmicas, incluyendo la autoignición de polvos	• Reacción de sustancias en función de sus propiedades.

Tabla 5. Fuentes de ignición (norma UNE-EN 1127-1:2020).

- Se introduce en la zona clasificada para realizar determinadas actividades,
- se presenta de forma accidental.

En el apéndice 4 de esta guía técnica se analizan en profundidad, por su posibilidad de actuar como foco de ignición, las características que deben reunir, desde

el punto de vista de utilización, los equipos tanto eléctricos como mecánicos que se encuentren en el interior de las zonas clasificadas.

En el apéndice 5 de esta guía técnica se estudian diferentes aspectos de las fuentes de ignición que se pueden presentar en los lugares de trabajo.

APÉNDICE 3

MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE PROTECCIÓN

En este apéndice se tratan las posibles medidas de prevención y protección a aplicar frente al riesgo de explosión. No obstante, se reitera la necesidad de aplicar a priori unos principios generales que pueden eliminar o reducir los riesgos por atmósferas explosivas, como son:

- La concepción y organización de los sistemas de trabajo.
- La eliminación o evitación de las superficies de evaporación abiertas (baños, tanques, recipientes).
- La reducción de las cantidades de los agentes inflamables presentes.
- La reducción al mínimo de la duración de las emisiones.
- El suministro de equipos adecuados, así como procedimientos de trabajo.

Dentro de las medidas a adoptar frente al riesgo de explosión se puede distinguir:

Medidas a adoptar frente al riesgo de explosión	
Medidas preventivas organizativas y técnicas	Medidas de protección
Evitar la aparición de ATEX	Atenuar los efectos de la explosión
Evitar la ignición de la ATEX	

Tabla 6. Clasificación de las medidas a adoptar frente al riesgo de explosión

Si las medidas preventivas no eliminan totalmente el riesgo, deberán adoptarse además medidas de protección.

Independientemente de las medidas a adoptar frente al riesgo de explosión, se debe garantizar un adecuado mantenimiento y la realización de las revisiones periódicas de los equipos e instalaciones.

1. Medidas organizativas

En la práctica, las medidas técnicas se complementarán con medidas organizativas que permitan, mediante la adecuada organización de actividades y fases de trabajo, reducir al mínimo el número de trabajadores expuestos al riesgo o incluso evitar su exposición.

Otra medida básica, obligada en la Ley 31/1995 y especificada en el punto 1 del Anexo II del Real De-

creto 681/2003, es la formación e información de los trabajadores. Esta formación permitirá que el trabajo se realice de forma segura y se completará cuando sea necesario con:

Instrucciones de trabajo por escrito y modos operativos de ejecución

Se deben elaborar disposiciones y normas de actuación en aquellas 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 especificar la forma de realización, el equipo a utilizar, los 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.

Cualificación adecuada y suficiente de los trabajadores

En determinadas actividades, como trabajos en tensión, es la legislación la que indica la cualificación requerida por el trabajador, como, por ejemplo, en el Real Decreto 614/2001.

En el apéndice 1 de esta guía técnica se dan orientaciones sobre la cualificación de cada una de las figuras que aparecen en este Real Decreto 681/2003.

Permisos de trabajo con fuegos, llamas o cualquier otra fuente de ignición, validados por personal designado competente

Los permisos de trabajo deberán incluir como mínimo: el lugar exacto donde debe realizarse el trabajo, los trabajadores implicados (quién realiza, quién vigila, quién valida...), las instrucciones a seguir, los riesgos existentes, las medidas de prevención y protección, etc. (véase figura 19).

Al término de los trabajos debe comprobarse si sigue manteniéndose o se ha restablecido la seguridad de la instalación. Así mismo, se debe informar a todos los participantes sobre la finalización de los trabajos.

Ropa de protección con propiedades disipativas³⁴

En el punto 2.3 del Anexo II del Real Decreto 681/2003 se determina que los trabajadores deben llevar calzado

³⁴ Para más información sobre la selección, uso y mantenimiento de EPI disipativos véanse:

- NTP 1138. Equipos de protección individual disipativos en zonas con riesgo de explosión (I): criterios generales de selección.
- NTP 1139. Equipos de protección individual disipativos en zonas con riesgo de explosión (II): selección, uso y mantenimiento.

PERMISO DE TRABAJO EN EMPLAZAMIENTO ATEX	
Fechas: Inicio: / /	Finalización: / /
Emplazamiento y/o instalación:	
Responsable de los trabajos: D/D ^a	
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/D ^a Firma:	D/D ^a Firma:
D/D ^a Firma:	D/D ^a Firma:
Personal de relevo de turno / extensión de turno:	
D/D ^a Fecha y hora del relevo/extensión: / Firma:	D/D ^a 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. ☐ Trabajos realizados ☐ Instalación comprobada ☐ Comprobación y reanudación del servicio en el emplazamiento de realización de los trabajos ☐ Anomalías detectadas Descripción de las anomalías detectadas: Referencia del parte de anomalías (si existe): ☐ Permiso cancelado	
Firma del responsable de los trabajos:	

Figura 19. Ejemplo de permiso general de trabajo para la realización de trabajos en emplazamientos con riesgo de explosión.

antiestático y ropa de trabajo de materiales que no den lugar a descargas electrostáticas que puedan causar la ignición de ATEX. Además, en el apéndice 5 de esta guía técnica se indican estas y otras medidas para evitarla.

Programa de limpieza

La limpieza, al igual que el mantenimiento y las revisiones periódicas de equipos e instalaciones, es una de las medidas preventivas básicas para evitar la formación de atmósferas explosivas por polvo, pero también para evitar sobrecalentamientos de maquinaria, permanencia de derrames...

Realización de controles, supervisión y vigilancia de trabajos y/o zonas de riesgo.

En relación con ello, se encuentran cuestiones relativas a las supervisiones ambientales, la vigilancia de los trabajos, las revisiones requeridas por los permisos de trabajo previas a su realización...tratados a lo largo de la presente guía.

Señalización de las zonas de riesgo

Se deben señalizar las zonas de peligro de acuerdo con el Anexo III del Real Decreto 681/2003. Además,

en determinadas circunstancias, puede ser necesario prever también señalizaciones temporales, como acordonar zonas mientras se realizan trabajos puntuales.

2. Medidas técnicas para evitar, limitar o controlar la atmósfera explosiva

El riesgo de explosión desaparece cuando se evita la formación de atmósferas explosivas. Esto se consigue actuando sobre cualquiera de los parámetros que intervienen en su formación, es decir, sobre la sustancia inflamable, su concentración en el aire o sobre la fuente de ignición.

A continuación, se citan algunas de las posibles actuaciones para evitar la formación de ATEX:

2.1. Actuación sobre las sustancias inflamables

Eliminación o sustitución de la sustancia inflamable

Es la mejor solución para eliminar el riesgo. Por ejemplo: se pueden sustituir los productos disolventes o de limpieza inflamables por soluciones acuosas.

En la práctica es difícil de conseguir, aunque sí se puede lograr reemplazar la sustancia peligrosa por una menos peligrosa. Por ejemplo: utilizar sustancias menos volátiles, con menor tensión de vapor.

Reducir la cantidad de sustancias peligrosas al mínimo

Consiste en limitar la cantidad de sustancias inflamables a tal cantidad que la inflamación de la atmósfera explosiva no tendría consecuencias peligrosas. Por ejemplo: se puede limitar utilizando recipientes de menor capacidad, justo la necesaria para la realización del trabajo. Si bien esta medida no eliminará el riesgo, es una forma sencilla de reducirlo y facilitar así su control.

Actuar sobre la granulometría de los polvos combustibles

Cuanto mayor es el tamaño del grano, menor es la posibilidad de formación de atmósfera explosiva. Por lo que es preferible trabajar con materiales granulados a trabajar con materiales pulverulentos. Además, se debe vigilar que las manipulaciones del grano no den lugar a una reducción del tamaño de las partículas, por ejemplo, por abrasión.

Trabajar en procesos húmedos

La humectación del polvo o la utilización de productos pastosos en vez de pulverulentos evitan la formación de nubes de polvo. Esta medida debe considerarse cuando sea viable y siempre que los productos a tratar no reaccionen con el agua generando sustancias infla-

mables, como el caso de ciertos productos metálicos que pueden desprender hidrógeno en presencia de humedad.

2.2. Actuación sobre la concentración de la mezcla combustible-aire

Aunque no se conozca el rango explosivo de la sustancia, se debe tratar de minimizar la cantidad de combustible mezclado con el aire, para lo que se puede recurrir a:

Captación de vapores o polvos (extracción localizada)

La extracción localizada es una medida preventiva especialmente válida para prevenir las atmósferas explosivas por nubes de polvo, ya que, en este caso, la ventilación general por dilución sólo serviría para aumentar la cantidad de polvo en suspensión, levantando los depósitos de polvo acumulado y generando turbulencias.

Es importante que el sistema de aspiración se sitúe lo más cerca posible del foco de emisión, evitando así que los vapores y polvos inflamables se dispersen y puedan alcanzar concentraciones peligrosas.

Los sistemas de aspiración deberán ser adecuados para su instalación y/o utilización en las zonas clasificadas. También debe ser segura la zona donde se vayan a evacuar las sustancias inflamables tras su aspiración.

Es habitual que sistemas de extracción localizada vayan incorporados a las máquinas para madera o en herramientas portátiles como sierras de mano o taladros, que pueden producir polvo.

Ventilación general y dilución (válido para gases, vapores y nieblas)

El aporte de una cantidad suficiente de aire limpio puede:

- evitar la formación de atmósfera explosiva al no alcanzarse el LIE de la sustancia inflamable.
- diluir la atmósfera explosiva disminuyendo el nivel de riesgo.

Para determinar el caudal necesario de ventilación hay que conocer la cantidad de sustancia inflamable emitida, la localización de la emisión y algunas propiedades de la sustancia, como su densidad. Aun así, en muchas ocasiones no se podrá evitar la formación de la atmósfera explosiva en su totalidad, sólo controlar la extensión de la zona.

Al igual que para el caso anterior, los equipos de ventilación deben ser adecuados a la clasificación de la zona donde se van a colocar.

El lugar donde se van a dirigir las sustancias inflamables deberá estar libre de riesgo, preferiblemente en un espacio exterior seguro, alejado de zonas ocupadas por personal o donde se realice cualquier actividad laboral, de fuentes de ignición y de sustancias inflamables y comburentes.

De acuerdo con las razones expuestas conviene, al menos en los puntos más vulnerables o lugares de posible acumulación de atmósfera explosiva, disponer de sistemas de detección y control.

Limpieza frecuente de los depósitos de polvos

La acumulación de polvo depende del grado de liberación de la fuente de polvo, de la tasa a la que el polvo se deposita y de la limpieza. Las capas de polvo pueden ser inflamadas por el calor que desprende el equipo donde se ha depositado la capa o pueden ponerse en suspensión por una corriente de aire e inflamarse. Estos riesgos dependen de las características del polvo y del espesor de la capa, 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 de acuerdo con la evaluación de riesgos, pero nunca con sistemas que pusiesen en suspensión el polvo, como equipos de barrido o soplado.

Trabajar en atmósferas inertes

La introducción de un gas inerte, por ejemplo, nitrógeno, gases nobles... en proporciones suficientes, en una atmósfera inflamable, implica el empobrecimiento en la misma de oxígeno, de manera que sea imposible su inflamación³⁵.

Para el caso de polvos puede optarse por añadir gases inertes al proceso y también existe la posibilidad de añadir sólidos inertes, siempre que no reaccionen con el combustible, en cuyo caso se disminuiría la concentración de sustancia inflamable en el aire si se pusiese en suspensión.

Esta medida debe ser cuidadosamente analizada para:

- conocer el límite al que hay que disminuir la concentración de oxígeno, con un margen de seguridad por debajo de la Concentración Límite de Oxígeno (CLO) y añadir la cantidad de inerte necesaria, que será particular para cada sustancia y situación, para que la inertización sea efectiva;
- garantizar que no va a aumentar la concentración de oxígeno en la mezcla. Se requiere un sistema seguro ya que el control por presión no asegura la inertización pues no distingue entre oxígeno, vapores infla-

mables y el gas inerte. Los sistemas de inertización adicionan nitrógeno (gas inerte) al producirse pérdidas y superar un cierto porcentaje de oxígeno.

Se suele restringir a depósitos cerrados donde no es posible la entrada de oxígeno del exterior y se controla el gas inerte cuyo escape no controlado podría originar atmósferas suboxigenadas que pudieran afectar a los trabajadores.

2.3. Actuación sobre los procesos³⁶

Otra posible alternativa es diseñar procesos que sean menos peligrosos o actuar de forma que se eviten o minimicen los escapes, por ejemplo:

Control de puntos vulnerables

Se deben sustituir, en lo posible, los procesos discontinuos y disponer de un sistema de producción continuo disminuyendo lo máximo posible las conexiones y puntos de emisión. También se puede realizar un control de escapes en la fuente y aislamiento de puntos vulnerables.

Segregación de procesos

El aislamiento de los procesos u operaciones con emisión de sustancias inflamables es práctico y permite concentrar los recursos de ventilación/aspiración, limpieza, detección..., evitando la dispersión de las sustancias por otras zonas.

Transporte interno seguro

Es preferible el transporte de sustancias inflamables por medio de equipos fijos e indeformables (canalizaciones fijas) y con el menor número de conexiones posible prefiriendo las uniones soldadas frente a las roscadas o embridadas.

En cualquier caso, las juntas deben ser estancas disponiendo, si es preciso, sistemas de recogida de derrames y fugas. Además, se deben evitar las canalizaciones subterráneas si no disponen de doble envolvente y control de fugas.

Por otro lado, los envases y contenedores deben ser estables y con cierre hermético, cumpliendo con la normativa de envasado y etiquetado de aplicación.

Detección de gases

Una medida de control efectiva es el control de las zonas de riesgo con sistemas de detección de gases. El

³⁵ En estos casos hay que prever el riesgo de asfixia, debido a la falta de oxígeno en atmósferas inertes, en caso de que un trabajador accediera a ellas sin adoptar las debidas precauciones.

³⁶ En estos casos habrá que estudiar que no añadan otros riesgos o aumenten los riesgos ya controlados.

detector debe ser adecuado al tipo y condiciones de las sustancias a detectar, así como al rango de cantidades sobre las que debe actuar (límites de medición). El número de detectores y su posición irá en función de:

- Geometría de la zona que se quiere proteger: obstáculos, corrientes de aire, altura y forma de techos y suelos, aperturas de ventilación...
- Densidad de la sustancia a detectar: si es más ligera o más pesada que el aire. Existen gases que a determinadas temperaturas son más ligeros que el aire, aunque a temperatura ambiente sean más pesados. También se puede dar el caso de gases que a temperatura ambiente son más ligeros que el aire pero que, en la expansión que tiene lugar en la fuga, sufren un descenso de la temperatura y se convierten en más pesados que el aire. Este caso se da en la fuga de amoníaco anhidro (gas licuado), aunque sea un gas difícilmente inflamable por el elevado LIE (16%) y por su toxicidad, tendría que ser detectado mucho antes.
- Áreas de posible acumulación: falsos suelos o techos, rejillas, obstáculos...

La aplicación de esta medida es simplemente de control y tiene poca utilidad si no va acompañada de otras medidas de prevención y planes de actuación que se activen cuando se detecte la situación peligrosa.

3. Medidas técnicas para evitar el riesgo por las fuentes de ignición

En general, las zonas clasificadas deberían estar libres de todo el material susceptible de ser fuente de ignición que no fuese indispensable. Además, se deben eliminar las llamas, superficies calientes, chispas de origen mecánico y/o eléctrico, descargas electrostáticas, sobrecalentamientos por fricción mecánica de los materiales eléctricos, motores térmicos, etc. En el apéndice 5 de esta guía técnica se proponen medidas particulares para cada fuente de ignición.

3.1. Actuación sobre el proceso

Refrigeración

Se puede evitar el calentamiento debido a reacciones químicas, aumentos de temperatura por compresión del gas... garantizando una adecuada refrigeración del área de trabajo.

Separadores magnéticos, gravitatorios, cribados, etc.

Se evitan las posibles chispas de origen mecánico, así como la posible obstrucción de conductos que produciría calentamiento por acumulación de material.

Calentamiento indirecto

Se debe evitar el calentamiento directo con llama empleando un calentamiento indirecto.

Sistemas de control

El uso de sistemas de control como detectores de gases³⁷, de elevación de temperatura, de presión..., termografía de infrarrojos, sistemas de control de velocidad... permiten conocer la concentración de la sustancia inflamable en cada momento.



Figura 20. Detector de gas.



Figura 21. Detector de chispa.

3.2. Actuación sobre los equipos a utilizar

Las medidas de actuación en equipos y materiales están relacionadas con:

³⁷ Los detectores de CO pueden ser útiles si los materiales pueden sufrir calentamiento espontáneo.

Utilización de equipos adecuados a la clasificación de la zona

Los equipos deben ser conformes a la reglamentación de aparatos y sistemas de protección destinados a ser utilizados en atmósferas explosivas (véase apéndice 4).

Mantenimiento específico

Una de las principales medidas de actuación en atmósferas explosivas es el correcto mantenimiento y revisión de los equipos cuyo deterioro pueda producir calentamientos. Así, es imprescindible controlar el desgaste por aumento de vibraciones, mantener la lubricación adecuada en cojinetes y otras partes móviles previniendo también la acumulación de polvo, verificando el correcto alineamiento de ejes...

4. Medidas para atenuar los efectos de la explosión

Como medida complementaria a las anteriormente indicadas para aquellos casos en que exista la posibilidad, aunque sea baja, de que se pueda producir una explosión, se considera necesario establecer medidas que atenúen la misma a niveles inocuos.

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...

Estos parámetros que caracterizan la violencia de la explosión y que influyen en el régimen de propagación, tales como la presión máxima de explosión y velocidad de crecimiento de la presión, dependen de la concentración de sustancia inflamable, de la energía de la fuente de inflamación, de la forma y el volumen del recinto donde se forma la atmósfera explosiva, de la turbulencia y presión inicial de la atmósfera, etc. Por tanto, aunque no es difícil encontrar el valor de estos parámetros en bibliografía especializada, se debe tener en cuenta de nuevo que las condiciones del lugar de trabajo pueden hacer que dichos valores varíen.

Cualquiera de los métodos para evaluar los efectos de los daños producidos por la onda de presión que genera una explosión serán aproximados y, teniendo en cuenta que las atmósferas explosivas evaluadas habrán sido aquellas que pueden causar daños a la salud de los trabajadores, es necesario aplicar medidas que minimicen los efectos de la explosión a niveles tales que la explosión resulte inocua. Los sistemas que limi-

ten 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:

Dispositivos de descarga de la presión de explosión
(véase figura 22)

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



Figura 22. Dispositivo de descarga de la presión de explosión: panel de venteo sin llama.

límites marcados. Estos dispositivos 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, chimeneas de descarga, discos de ruptura...

Estos dispositivos deben cumplir los requisitos de comercialización que les sean de aplicación.

Para determinar las características que deben reunir hay que tener en cuenta:

- Las condiciones de la mezcla explosiva. Presión y temperatura iniciales.
- Las características del equipo donde se va a instalar.
- El espacio donde se va a realizar la descarga...

Equipos resistentes a la explosión

Estos equipos están diseñados para resistir la presión máxima de explosión y/o la onda de choque generada por la explosión, sufriendo deformaciones o no. Su construcción es robusta y de mayor peso, ya que confinan la explosión, por lo que, consecuentemente tienen un coste económico superior.

Si se opta por este medio de protección, se debe tener en cuenta la resistencia requerida en todas las partes del equipo, incluyendo partes móviles como bocas de hombre, para soportar la explosión que se puede generar en su interior. Además, se debe garantizar que dicha resistencia se mantenga 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.

Control de la onda de presión y del frente de llama

Estos sistemas reciben el nombre de supresores de explosión (véase figura 23) e impiden que se desarrollen altas presiones mediante la limitación y confinamiento de la llama en los primeros estadios de la explosión.

Constan de uno o varios detectores de explosiones incipientes, de sistema de control y de unos extintores presurizados. Al superarse una determinada presión en el interior del equipo, el detector de explosiones manda una señal al sistema de control y este activa las válvulas de los extintores. Su instalación es especialmente útil en aquellos casos en los que el alivio de explosiones por venteo no es factible, así como en aquellos otros en los que a la explosión en sí se asocian emisiones de gases, vapores, polvos tóxicos o peligrosos para el entorno.

Sistemas de control técnico. Sistema de aislamiento de explosiones

- Apagallamas (véase figura 24): son equipos específicos diseñados para evitar la propagación de explo-

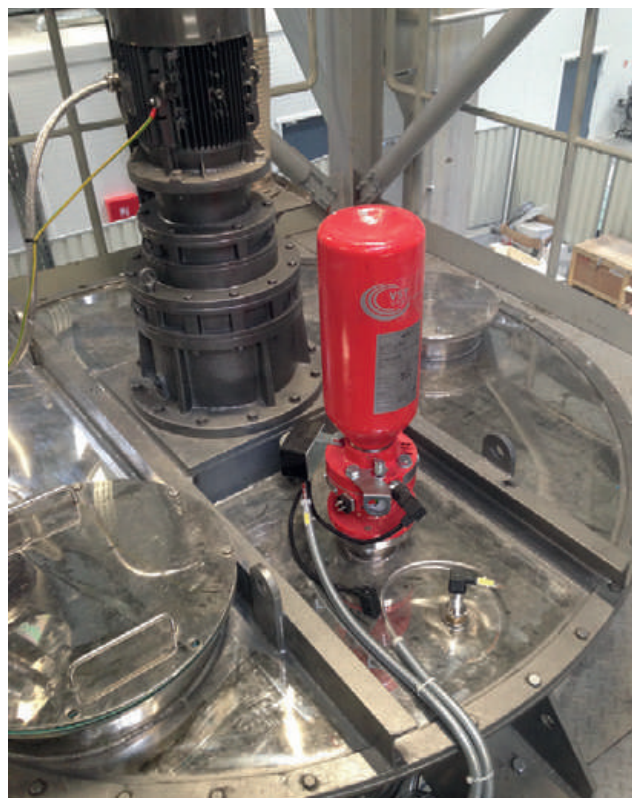


Figura 23. Sistema de supresión de explosiones: un detector dinámico detecta la explosión (presión), da señal al panel de control y activa los supresores.

siones de gases y líquidos 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.



Figura 24. Apagallamas en línea.



Figura 25. Válvula de guillotina.

- Esclusas rotativas
- Válvulas de cierre rápido (véase figura 25)

Actuación sobre la configuración de los locales

- Alejamiento, separación de instalaciones o 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 utilizables en la práctica.
- 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.

Las medidas técnicas presentadas u otras que pudiesen aplicarse en la prevención y protección contra explosiones requieren un cuidadoso estudio de las características de las sustancias, equipos, procesos y actividad, para su correcta selección. Asimismo, su instalación, mantenimiento y revisiones correspondientes son aspectos imprescindibles para garantizar su adecuado funcionamiento ya que, si son mal instalados, mantenidos o revisados, pueden multiplicar los efectos adversos de una explosión. Por lo que, respecto al mantenimiento, revisiones, verificaciones y supervisiones, se debe cumplir lo dispuesto en el manual de instrucciones y aquellas que estén reflejadas, si es el caso, en el DPCE.



Figura 26. Paneles de venteo instalados en un silo para que en caso de explosión no supongan un peligro para los trabajadores ni afecte a otros equipos.

APÉNDICE 4

EQUIPOS PARA USO EN ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

Este apéndice tiene como objetivo fundamental presentar los principales elementos para una adecuada selección de equipos para su uso en atmósferas explosivas, debiendo distinguir, de acuerdo con la tabla que se muestra a continuación, entre equipos certificados y equipos no certificados según su fecha de comercialización o puesta a servicio por primera vez. Adicionalmente, se introducen una serie de consideraciones relativas a la modificación y reparación de equipos.

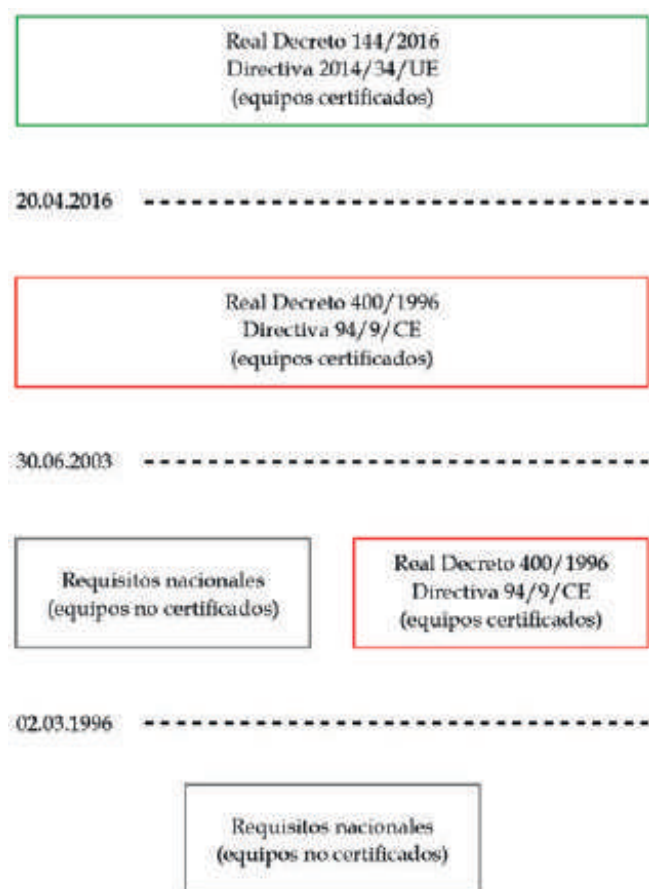


Tabla 7. Disposiciones aplicables a los equipos según fecha de primera comercialización o puesta en mercado.

A continuación, se desarrolla cada uno de los elementos referidos.

A. EQUIPOS CERTIFICADOS

Dentro de los equipos certificados, en función de su fecha de comercialización o puesta en el mercado por primera vez, podemos distinguir:

a) Equipos adquiridos antes del 20 de abril de 2016

Estos equipos estaban regulados por el Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativo a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas. En dicho real decreto se fijaban los criterios (requisitos esenciales de salud y seguridad) que debían cumplir los equipos objeto de su ámbito de aplicación para resultar intrínsecamente seguros si se utilizan conforme a su destino y se describían los procedimientos (denominados “módulos”) de evaluación de conformidad para las distintas categorías de aparatos.

b) Equipos adquiridos a partir del 20 de abril de 2016

Estos equipos están regulados por el Real Decreto 144/2016, de 8 de abril, por el que se establecen los requisitos esenciales de salud y seguridad exigibles a los aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas que transpone la Directiva 2014/34/UE. En esta disposición, además de establecerse los requisitos esenciales que deben cumplir los productos³⁸ comercializados o puestos en servicio por primera vez en el mercado europeo con el fin de garantizar un elevado nivel de protección de la salud y la seguridad de las personas, así como de protección de los animales domésticos y de los bienes, se describen los procedimientos de evaluación de la conformidad para las distintas categorías de productos.

Desde el punto de vista práctico para el usuario, la aplicación de estas disposiciones supone que el producto cumple con los requisitos esenciales de salud y seguridad que le son aplicables por medio de la Declaración

³⁸ La denominación genérica “producto” utilizada en el Real Decreto 144/2016 se refiere a:

- Los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.
- 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.
- Los componentes destinados a ser incorporados en los aparatos y sistemas de protección mencionados en la letra a).

	Marca "CE"	Nº Org. Not.	Símbolo ATEX	Grupo	Categoría	Símbolo de uso
Aparatos para uso en minería		XXXX		I	M1 M2	
Aparatos para usos industriales distintos a la minería		XXXX		II	1 2 3	G D G/D

Tabla 8. Marcado ATEX de aparatos de conformidad con las Directivas.

de Conformidad³⁹ o, en el caso de los componentes, por medio de su correspondiente Certificado de Conformidad. Además, los productos deben venir acompañados de una serie de elementos informativos que permiten su adecuada selección y utilización. Estos elementos informativos se pueden concretar en dos aspectos: el marcado y el manual de instrucciones, cuyas principales características se reseñan a continuación.

Marcado

Al hablar del marcado de equipos para uso en atmósferas explosivas, se deben distinguir dos elementos claramente diferenciados:

1. **Marcado de conformidad con las Directivas** (Directiva 94/9/CE y Directiva 2014/34/UE).
2. **Marcado normativo**, complementario del anterior, que está básicamente orientado a permitir una utilización segura del equipo (en términos de instalación, uso y mantenimiento), haciendo referencia a elementos tales como modos de protección empleados en el diseño y construcción del mismo, grupo de gases para el que está destinado o clase de temperatura del equipo.

A continuación, se presentan las principales características de cada uno de ellos:

1. Marcado de conformidad con las Directivas

En este apartado se recogen las características del marcado de los equipos establecidas en el Real Decreto 144/2016 que transpone la Directiva 2014/34/UE. Este marcado no difiere del establecido en el Real Decreto 400/1996 que trasponía la Directiva 94/9/CE.

En función del equipo, se pueden distinguir cuatro tipos diferentes de estructuras de marcado:

- Marcado de aparatos.
- Marcado de sistemas de protección.
- Marcado de componentes.
- Marcado de material asociado.

1.1. Marcado de aparatos

Conforme a lo recogido en el Real Decreto 144/2016, se entiende por aparatos: "Las máquinas, el material, 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/o transformación de materiales y que, por las fuentes potenciales de ignición que los caracterizan, pueden desencadenar una explosión".

La estructura característica del marcado de estos elementos es la que se presenta en la Tabla 8.

donde:

- **XXXX**, en su caso, es un número de cuatro dígitos identificativo del organismo notificado que intervenga en la fase de control de la producción.

Para el caso de los equipos de categorías 1 y M1 (ver descripción de las categorías más adelante) y los motores de combustión interna y equipos eléctricos de categorías 2 y M2, este número aparecerá siempre.

Para el resto de equipos de categorías 2 y M2, y los equipos de categoría 3, la aparición o no de este número dependerá del módulo de evaluación por el que haya optado el fabricante (en el módulo denominado "control interno de la fabricación" el número no aparecerá, y en el denominado "conformidad con el tipo basada en la verificación del producto" sí aparecerá).

- **I y/o II** es el *grupo* al que corresponden los aparatos y sistemas de protección en función de dónde puedan utilizarse, conforme se indica a continuación:
 - El **grupo I** corresponde a aparatos y sistemas de protección destinados a trabajos subterráneos en las minas y en las partes de sus instalaciones de

³⁹ Los equipos conformes al Real Decreto 400/1996 deberán ir acompañados de la Declaración CE de Conformidad y los conformes al Real Decreto 144/2016 de la Declaración UE de Conformidad.

superficie, en las que puede haber peligro debido al grisú y/o al polvo combustible. Este grupo de equipos, al ser utilizados en minas o en sus instalaciones de superficie, queda fuera del alcance de esta guía técnica.

- El **grupo II** corresponde al resto de aparatos y sistemas de protección destinados al uso en lugares que no sean minas o instalaciones de superficies de minas, en los que puede haber peligro de formación de atmósferas explosivas. Son este grupo de equipos los que se encuentran en el ámbito de aplicación de esta guía técnica.

El grupo al que pertenece el equipo es importante desde el punto de vista de la utilización, porque las pruebas de evaluación de la conformidad se realizan en condiciones diferentes⁴⁰.

Por tanto, a la hora de utilizar los equipos es necesario respetar el grupo de utilización indicado en el marcado, y cualquier utilización fuera de este ámbito supondrá un uso no previsto por el fabricante en el cual ya no existe certeza de seguridad del equipo.

- **M1 o M2**, o bien 1, 2 o 3 es la *categoría* de los equipos y sistemas de protección que viene determinada por el nivel de protección que son capaces de garantizar, conforme se explica a continuación:

- Dentro del grupo I, existen dos categorías:
 - Categoría M1: son aquellos con un nivel de protección muy alto.
 - Categoría M2: son aquellos con un nivel de protección alto.

Son categorías relativas a equipos del grupo I y, en consecuencia, quedan fuera del ámbito de aplicación de esta guía técnica.

- Dentro del grupo II, los equipos y sistemas de protección se clasifican en tres categorías:
 - **Categoría 1:** son aparatos diseñados para poder funcionar dentro de los parámetros operativos fijados por el fabricante y garantizar un nivel de protección muy alto.

Los aparatos de esta categoría están previstos para utilizarse en un medio ambiente en el que se produzcan de forma constante, duradera o frecuente atmósferas explosivas debidas a mezclas de aire con gases, vapores, nieblas o mezclas polvo-aire. Estos deben asegurar el nivel de protección requerido, aun en caso de avería

infrecuente del aparato, y se caracterizan por tener medios de protección tales que:

- en caso de fallo de uno de los medios de protección, al menos un segundo medio independiente asegure el nivel de protección requerido;
- en caso de que se produzcan dos fallos independientes el uno del otro, esté asegurado el nivel de protección requerido.

Esta será la categoría de equipos a utilizar en zonas clasificadas como 0 o 20.

- **Categoría 2:** son aparatos diseñados para poder funcionar dentro de los parámetros operativos establecidos por el fabricante y garantizar un alto nivel de protección.

Los aparatos de esta categoría están destinados a utilizarse en un ambiente en el que sea probable la formación de atmósferas explosivas debidas a gases, vapores, nieblas o polvo en suspensión.

Los medios de protección relativos a los aparatos de esta categoría asegurarán el nivel de protección requerido, aun en caso de avería frecuente o de fallos de funcionamiento de los aparatos que deban tenerse habitualmente en cuenta.

Esta será la categoría mínima de equipos a utilizar en zonas clasificadas como 1 o 21 y, en consecuencia, en dichas zonas también será posible utilizar equipos de categoría 1 (categoría superior).

- **Categoría 3:** son aparatos diseñados para poder funcionar dentro de los parámetros operativos establecidos por el fabricante y garantizar un nivel normal de protección. Los aparatos de esta categoría están destinados a utilizarse en un ambiente en el que sea poco probable la formación de atmósferas explosivas debidas a gases, vapores, nieblas o polvo en suspensión y en el que, con arreglo a toda probabilidad, su formación sea infrecuente y su presencia sea de corta duración.

Los aparatos de esta categoría asegurarán el nivel de protección requerido durante su funcionamiento normal.

Esta será la categoría mínima de equipos a utilizar en zonas clasificadas como 2 o 22 y, en

⁴⁰ Así, por ejemplo, para los equipos a utilizar en minería en atmósferas gaseosas las pruebas de evaluación de la conformidad se efectúan con metano, mientras que en otro tipo de atmósferas explosivas (gasolineras, por ejemplo) existen otros tipos de gases que requieren que las pruebas de evaluación de la conformidad se realicen con otros gases de referencia.

consecuencia, en dichas zonas también será posible utilizar equipos de categorías 1 y 2 (categorías superiores).

- **G, D o GD** para los aparatos del grupo II conforme se indica a continuación:
 - G, para aparatos a utilizar en ATEX debidas a gases, vapores o nieblas.
 - D, para aparatos a utilizar en ATEX debidas a la presencia de polvo.
 - G/D, para aparatos que pueden utilizarse tanto en atmósfera gaseosa como debida a polvo. No obstante, ello no garantiza que el equipo sea válido para atmósferas híbridas (coexistencia simultánea de ambos tipos de atmósferas); dicha circunstancia debe suponer una verificación específica del equipo para tal uso.

1.2. Marcado de sistemas de protección

Los sistemas de protección, conforme a lo recogido en el Real Decreto 144/2016, son: “Los dispositivos, distintos de los componentes de los aparatos 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”.

La estructura característica del marcado para los sistemas de protección para actividades distintas a la minera, sería:

	Marca “CE”	Nº Org. Not.	Símbolo ATEX	Grupo	Símbolo de uso
Sistemas de protección autónomos		XXXX		II	G D G/D

Tabla 9: Marcado de los sistemas de protección de conformidad con las Directivas.

1.3. Marcado de componentes

Conforme a lo recogido en el Real Decreto 144/2016, se entiende 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 componentes están exentos de la fijación del símbolo CE. No obstante, el fabricante expedirá un certificado de conformidad que declare la conformidad de dichos componentes con las disposiciones aplicables y que indique sus características y las condiciones de incorporación a aparatos y sistemas de protección que contribuyen al respeto de los requisitos esenciales de salud y seguridad establecidos en el anexo II aplica-

bles a los aparatos y sistemas de protección acabados.

Así, la estructura característica del marcado, para actividades distintas a la minera, será:

	Nº Org. Not.	Símbolo ATEX	Grupo	Categoría	Símbolo de uso
Componentes	XXXX		III	1 2 3	G D G/D

Tabla 10: Marcado ATEX de componentes de conformidad con las Directivas.

1.4. Marcado de material asociado

El material asociado, tal como dispositivos de seguridad, control y regulación, como, por ejemplo, las protecciones de sobreintensidad de un sistema de potencia, y que sea necesario o contribuya al funcionamiento en condiciones seguras de los equipos situados en áreas de riesgo (zonas clasificadas) condicionará la seguridad de dichos equipos y, en consecuencia, son objeto del Real Decreto 144/2016.

En este caso, el marcado del material presenta la peculiaridad de que el número de categoría del equipo al cual va asociado (es decir, el equipo situado en la zona clasificada) debe ir incluido entre paréntesis, conforme se indica en el ejemplo de la tabla 11.

	Marca “CE”	Nº Org. Not.	Símbolo ATEX	Grupo	Categoría equipo asociado	Símbolo de uso
Material asociado		XXXX		II	(I)	G

Tabla 11. Ejemplo de marcado de un material asociado.

Para el caso concreto de este ejemplo, el dispositivo asociado tendrá circuitos de seguridad intrínseca “ia” (conforme a lo definido en la norma UNE-EN 60079-11:2013) y podrá conectarse a aparatos de categoría 1.

2. Marcado normativo

El marcado normativo, como se ha indicado anteriormente, permite orientar a una utilización segura del equipo (en términos de instalación, mantenimiento y uso), mediante la referencia a elementos tales como la temperatura superficial del equipo, tipo de gases en cuya presencia se puede utilizar el equipo, parámetros específicos del modo de protección, etc.

Esencialmente, se pueden distinguir dos tipos de marcado normativo:

2.1. Marcado de equipos eléctricos para uso en atmósferas explosivas.

2.2. Marcado de equipos no eléctricos para uso en atmósferas explosivas.

A continuación, se incluyen una serie de indicaciones no exhaustivas relativas a posibles elementos que pueden aparecer en ambos tipos de marcado normativo (se obvian elementos obligatorios en dicho marcado, tales como denominación del fabricante, número de serie, etc. y se explican sólo aquellas marcas con aporte de información desde el punto de vista preventivo), en función de la normativa o normas aplicables.

2.1. Marcado normativo de equipos eléctricos para uso en atmósferas explosivas⁴¹

Es preciso distinguir entre material eléctrico para ATEX debidas a gases y vapores inflamables, y material eléctrico para uso en presencia de polvo inflamable. A este respecto, cabe señalar que existen una serie de marcas comunes a ambos tipos de equipos y otras específicas, conforme se indica en los siguientes apartados.

2.1.1. Marcas comunes

- *EEx o Ex*: es una redundancia heredada de las antiguas directivas ([Directiva 76/117/CEE del Consejo, de 18 de diciembre de 1975, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre el material eléctrico utilizable en atmósfera explosiva](#) y la [Directiva 82/130/CEE del Consejo, de 15 de febrero de 1981, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros relativas al material eléctrico utilizable en atmósfera explosiva de las minas con peligro de grisú](#)) que indica equipos destinados a atmósferas potencialmente explosivas conformes con una o más normas de la serie UNE EN 50014:1995 (actualmente anulada por la serie UNE-EN 60079). Con la adopción de las normas CEI de las series 60079 se está pasando paulatinamente del símbolo “EEx”, al “Ex” por medio del cual se indica que el equipo es conforme a una o varias normas de la serie UNE EN 60079.
- *Marcado especial de temperatura ambiente en servicio*: el material eléctrico habitualmente se diseña para su empleo en un rango de temperaturas ambiente de -20°C a +40°C; en caso de que se diseñe para un rango diferente, se considera un rango especial y debe ser marcado específicamente, incluyendo el símbolo Ta o Tamb, seguido del rango especial de temperatura (por ejemplo, -30°C ≤ Ta ≤ 40°C).

En caso de no ser posible este marcado especial, se

incluirá en símbolo “X” al cual se hace referencia a continuación.

- *Símbolos asociados al número del certificado (X o U)*, en su caso:
 - X, indica que el material certificado está sometido a unas condiciones especiales de fabricación o uso para una utilización segura del mismo. Se incluye después de la referencia al certificado que aparece en el marcado y, normalmente, requiere consultar la documentación técnica (manual de instrucciones) del equipo.
 - U, indica que el material certificado es un componente. Se incluye después de la referencia al certificado que aparece en el marcado.

2.1.2. Marcas propias de material eléctrico para atmósferas de gas explosivas

- *Símbolo del modo de protección*

El modo de protección indica las medidas específicas que se aplican al material eléctrico para evitar la ignición de una atmósfera explosiva circundante.

Los modos de protección posibles en equipos eléctricos para uso en atmósferas gaseosas y sus símbolos asociados son los que se indican en la siguiente tabla:

Equipos eléctricos (gases)	
Modo	Símbolo
Envolvente antideflagrante	d
Presurización	p (pv, px, py, pz)
Encapsulado	m (ma, mb, mc)
Relleno pulverulento	q
Inmersión en aceite	o
Seguridad aumentada	e
Seguridad intrínseca	i (ia, ib, ic)
No productor de chispas	nA
Protección contra chispas	nC
Respiración restringida	nR
Protección radiación óptica	op

Tabla 12. Modos de protección posibles en equipos eléctricos para uso en atmósferas gaseosas.

En el marcado, el modo de protección principal aparecerá el primero (a la izquierda) y a continuación los modos de protección complementarios.

⁴¹ Además de lo señalado en este apartado, en los equipos eléctricos aparecerá el correspondiente código IP (véase la [Guía técnica para la evaluación y prevención del riesgo eléctrico](#), elaborada por el INSST).

En el caso de material asociado adecuado para su instalación en áreas peligrosas (zona clasificada), los símbolos para el modo de protección deben incluirse entre corchetes, por ejemplo, Ex d [ia] IIC T4. En cambio, en el caso de material asociado no adecuado para su instalación en áreas peligrosas, tanto el símbolo “Ex” como los símbolos para el modo de protección deben incluirse entre corchetes, por ejemplo [Ex ia] IIC.

- *Símbolo del grupo del material eléctrico*

La clasificación del material eléctrico puede ser IIA, IIB y IIC según la sensibilidad de la sustancia inflamable a la iniciación de la explosión por arco eléctrico o por llama.

Los grupos de gases (A, B y C) se determinan (apartado 4.2 de la norma UNE-EN 60079-0:2016 y UNE-EN 60079-0/A11:2014) en función de la Corriente Mínima de Inflamación (CMI) o del Intersticio Experimental Máximo de Seguridad (IEMS), correspondiendo al grupo A los valores más altos de dichos parámetros (gases menos inflamables) y el C a los valores más bajos (gases más inflamables).

Cuando el material eléctrico esté diseñado para ser utilizado en presencia de un gas en particular, el nombre de este o su fórmula irá entre paréntesis, por ejemplo: II (H2). Por otro lado, si el material eléctrico puede usarse con un gas en particular además de ser adecuado para su uso en un grupo específico de material eléctrico, la fórmula química del gas particular debe aparecer a continuación del grupo y estar separada por “+”, por ejemplo: IIB+H2.

La correlación entre el tipo de certificación y grupos de gases en los que es posible su utilización es la que se refleja en la siguiente tabla:

Tipo de certificación	Grupo de gases de utilización	Valores de CMI	Valores de IEMS (mm)	Ejemplo
IIA	IIA	> 0,8	> 0,9	Propano
IIB	IIA, IIB	0,45 < CMI < 0,8	0,45 < IEMS < 0,8	Etileno
IIC	IIA, IIB, IIC	< 0,45	< 0,45	Hidrógeno

Tabla 13: Correlación entre el grupo de certificación y los grupos de gases.

- *Símbolo de la clase de temperatura*

Hace referencia a la temperatura superficial máxima permitida para la clase térmica, según se indica en la tabla 14.

Alternativamente se puede indicar la temperatura superficial máxima del equipo (por ejemplo, 400°C) o dicha temperatura conjuntamente con la clase, en cuyo caso dicha clase debe ponerse al final y entre paréntesis, por ejemplo, 400°C (T1).

Clase térmica	Temperatura Superficial Máxima Permitida (°C)
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

Tabla 14. Clasificación de temperatura superficiales máximas del material eléctrico del Grupo II.

El material que tenga una temperatura máxima superficial superior a 450°C deberá tener solamente la indicación de la temperatura (por ejemplo, 575°C).

El material diseñado y marcado para la utilización en un gas particular no tiene que llevar referencia de temperatura.

La temperatura superficial máxima marcada (la cual lleva implícitos unos determinados márgenes de seguridad) no debe exceder la temperatura de ignición del gas específico para el que está destinado. No debe confundirse con el punto de inflamación (punto de ignición, punto de destello, *flash point*).

- *Nivel de protección del material, EPL (Equipment Protection Level)*

Hace referencia al nivel de riesgo que tiene el material de convertirse en una fuente de ignición.

EPL	Riesgo de convertirse en fuente de ignición
Ga	Material para atmósferas de gas explosivos con un “muy alto” nivel de protección, que no es una fuente de ignición en condiciones normales de funcionamiento, en caso de averías previsibles o en caso de averías extrañas.
Gb	Material para atmósferas de gas explosivos con un “alto” nivel de protección, que no es una fuente de ignición en condiciones normales de funcionamiento, en caso de averías previsibles.
Gc	Material para atmósferas de gas explosivos con un nivel de protección “aumentado”, que no es una fuente de ignición en condiciones normales de funcionamiento y que puede tener alguna protección adicional para garantizar que permanece inactivo como una fuente de ignición en el caso de incidentes regulares previsibles.

Tabla 15: Nivel de protección del material, EPL, para atmósferas gaseosas.

2.1.3. Marcas propias de material eléctrico para uso en atmósferas de polvo explosivos

- *Símbolo del modo de protección*

El modo de protección indica las medidas específicas que se aplican al material eléctrico para evitar la ignición de una atmósfera explosiva circundante.

Los modos de protección posibles en equipos eléctricos para uso en presencia de polvo combustible y sus símbolos asociados son los que se indican en la tabla siguiente:

Equipos eléctricos (polvos)	
Modo	Símbolo
Envolvente	ta, tb, tc
Presurización	p
Seguridad intrínseca	ia, ib
Encapsulado	ma, mb, mc

Tabla 16. Modos de protección para materiales en atmósferas de polvo explosivas.

- Símbolo del grupo del material eléctrico

El material eléctrico del Grupo III se clasifica en función de la naturaleza de la atmósfera de polvo explosivo a la que está destinada, así se distinguen las clases:

- IIIA, para partículas combustibles en suspensión
- IIIB, para polvo no conductor
- IIIC, para polvo conductor

La correlación entre el grupo de certificación y la naturaleza de la atmósfera de polvo explosiva es la que se refleja en la siguiente tabla:

Tipo de certificación	Naturaleza de la atmósfera de polvo	Ejemplo
IIIA	IIIA	Partículas combustibles en suspensión
IIIB	IIIA, IIIB	Polvo no conductor
IIIC	IIIA, IIIB, IIIC	Polvo conductor

Tabla 17. Correlación entre el grupo de certificación y la naturaleza de la atmósfera de polvo explosiva.

- Temperatura superficial máxima del equipo

Se indicará en grados Celsius precedida por la letra T, por ejemplo: T 135°C.

Para el caso de nubes de polvo, la temperatura superficial máxima del aparato, de acuerdo con el apartado 6.4.2 de la norma UNE-EN 1127-1:2012, no debe exceder las dos terceras partes de la temperatura mínima de ignición en °C de la nube de polvo correspondiente, esto es, $T_{m\acute{a}x.} = 2/3 T_{cl}$, donde T_{cl} es la temperatura mínima de ignición de la nube de polvo.

Para el caso de capas de polvo, la temperatura superficial máxima del aparato se debe mostrar como un

valor de temperatura en grados Celsius (°C), con la profundidad de la capa L indicada como un subíndice en milímetros (por ejemplo: T500 320 °C) o en el marcado se debe incluir el símbolo "X" para indicar esta condición de uso especial.

- Nivel de protección del material, EPL (Equipment Protection Level)

Hace referencia al nivel de riesgo que tiene de convertirse en una fuente de ignición.

EPL	Riesgo de convertirse en fuente de ignición
Da	Material para atmósferas de polvo explosivas con un "muy alto" nivel de protección, que no es una fuente de ignición en condiciones normales de funcionamiento, en caso de averías previsibles o en caso de averías extrañas.
Db	Material para atmósferas de polvo explosivas con un "alto" nivel de protección, que no es una fuente de ignición en condiciones normales de funcionamiento, en caso de averías previsibles.
Dc	Material para atmósferas de polvo explosivas con un nivel de protección "mejorado", que no es una fuente de ignición en condiciones normales de funcionamiento y que puede tener alguna protección adicional para asegurar que permanece inactivo como una fuente de ignición en el caso de incidentes regulares previsibles.

Tabla 18. Nivel de protección del material, EPL, para atmósferas de polvo explosivas.

2.2. Marcado normativo de equipos no eléctricos para su uso en atmósferas explosivas⁴²

Las principales variantes respecto a los equipos eléctricos son:

- tras el símbolo Ex se debe incluir la letra "h".
- los modos de protección pueden ser los reflejados en la siguiente tabla:

Equipos mecánicos (no eléctricos)	
Modo	Símbolo
Envolvente antideflagrante	d
Seguridad constructiva	c
Control de fuentes de ignición	b
Presurización	p
Inmersión en líquido	k
Protección por envolvente	t

Tabla 19. Modos de protección para equipos no eléctricos para su uso en ATEX.⁴³

⁴² De acuerdo con la norma UNE-EN ISO 80079-36:2017 y UNE-EN ISO 80079-36:2017/AC: 2020.

⁴³ El modo de protección basado en la norma UNE EN ISO 80079-37 aplicado al equipo no se puede reconocer a partir del código "h" de marcado Ex. La descripción del modo de protección aplicado se da en las instrucciones.

El resto de marcas posibles (grupo de gases, clase de temperatura, temperaturas superficiales, etc.) son idénticas a las descritas en el caso de los equipos eléctricos.

Para ilustrar la cuestión en lo concerniente a la interpretación y valoración desde el punto de vista preventivo de la información aportada por el marcado normativo, considérese, a modo de ejemplo, un equipo marcado de la siguiente manera:

Ex h II2G d IIB T4 Gb

Este marcado indicaría que se trata de un equipo no eléctrico para utilización en actividades distintas a la minería, de categoría 2, para atmósferas gaseosas, dotado de envolvente antideflagrante como modo de protección, utilizable en presencia de gases de los grupos A y B, y cuya temperatura superficial máxima es de 135 °C; la utilización de este equipo en presencia de un gas del grupo C (hidrógeno, por ejemplo) o de un gas que tuviera una temperatura de autoinflamación inferior a 135 °C, supondría un riesgo de explosión.

A modo de resumen, se incluyen a continuación una serie de ejemplos de marcado que sintetizan las distintas posibilidades presentadas en los puntos anteriores.

a) Equipo de categoría 2

Parte Directiva	 II 2G
Parte normativa	Ex nA IIC T3 Gc LOM 99 ATEX 1234 X

Donde: “LOM” es el acrónimo del Laboratorio notificado, “99” son los dos últimos dígitos del año de emisión del certificado y “1234” es el número de certificado emitido por el Organismo Notificado. Al aparecer el símbolo X detrás de dicho número, será preciso consultar el manual del fabricante, pues el equipo está sometido a unas condiciones especiales de fabricación o uso para una utilización segura del mismo.

b) Equipo eléctrico para gas de categoría 3

Parte Directiva	  II 3G
Parte normativa	Ex nA IIC T3 Gc

c) Equipo no eléctrico para gas de categoría 2

Parte Directiva	  II 2G
Parte normativa	Ex h IIC T3 Gb

d) Equipo no eléctrico para polvo de categoría 2

Parte Directiva	  II 2D
Parte normativa	Ex h IIIC 110°C Da

e) Sistema de protección (Panel de venteo)

 0163  II D LOM 99 ATEX 1234
--

f) Sistema de control o regulación (equipo asociado de seguridad intrínseca)

0163  II (1)G [Ex ia] LOM 05 ATEX 1234 X Uo: 15 V Pi: 1,3 W.....

En este ejemplo, como puede observarse en el marcado normativo ([Ex ia]), al estar incluidos dentro del corchete tanto el símbolo Ex como el modo de protección (ia), este equipo asociado no es apto para su instalación en área peligrosa.

Por otro lado, como se observa en el marcado de conformidad con la Directiva, este material asociado (el cual debe ser instalado en zona no peligrosa) es apto para su conexión a un equipo de categoría 1.

g) Componente eléctrico (borne de seguridad aumentada)

0163  II 2G Ex e IIC LOM 05 ATEX 1234 U

h) Componente no eléctrico

 II 2G c II

Nota: En el marcado de los componentes no se indica la temperatura superficial.

Nota: El código de Organismo Notificado (por ejemplo, 0163 en el caso del Laboratorio Oficial de Madrid -LOM-, único Organismo Notificado por España) se aplica a productos que han sufrido un proceso de evaluación de conformidad en lo referente al control de fabricación.

Manual de instrucciones

El manual de instrucciones supone un referente de gran importancia desde el punto de vista preventivo, en tanto en cuanto constituirá el principal vehículo comunicativo entre el fabricante del equipo y el usuario final, y en él se recogerán elementos tales como el significado del marcado, cómo debe ser instalado/ utilizado/ mantenido, condiciones adversas de uso del equipo, etc.

De hecho, se trata de un requisito esencial sobre seguridad y salud más y, en consecuencia, sus contenidos serán revisados por el organismo notificado que intervenga en los módulos de certificación relativos a la fase de diseño.

Cada aparato y sistema de protección deberá ir acompañado de instrucciones y de la información relativa a la seguridad al menos en castellano. Dichas instrucciones e información relativa a la seguridad, así como todo etiquetado, serán claros, comprensibles e inteligibles.

En las instrucciones debe indicarse, como mínimo, la siguiente información:

- 1) El recordatorio de las indicaciones previstas para el marcado, a excepción del número de lote o de serie, que se completará eventualmente con aquellas indicaciones que faciliten el mantenimiento (como, por ejemplo, la dirección del reparador, etc.).
- 2) Las instrucciones que permitan proceder sin riesgos: a la puesta en servicio, a la utilización, al montaje y desmontaje, al mantenimiento (reparación incluida), a la instalación, al ajuste.
- 3) En su caso, la indicación de las zonas peligrosas situadas frente a los dispositivos de descarga de presión.
- 4) En su caso, las instrucciones de formación.
- 5) Las indicaciones necesarias para determinar con conocimiento de causa si un aparato de una categoría indicada o un sistema de protección puede utilizarse sin peligro en el lugar y en las condiciones que se hayan previsto.
- 6) Los parámetros eléctricos y de presión, las temperaturas máximas de superficie u otros valores límite.
- 7) En su caso, las condiciones especiales de utilización, incluidas las indicaciones respecto a un posible mal uso del aparato que sea previsible según muestre la experiencia.
- 8) En su caso, las características básicas de los instrumentos que pudieran montarse sobre el aparato o el sistema de protección.

En las instrucciones, además, se incluirán los planos y esquemas necesarios para la puesta en servicio, mantenimiento, inspección, comprobación del funcionamiento correcto y, en su caso, reparación del aparato o del sistema de protección, así como todas aquellas

instrucciones que resulten útiles, especialmente en materia de seguridad.

Toda documentación de presentación del aparato o del sistema de protección deberá coincidir con las instrucciones en lo que se refiere a los aspectos de seguridad.

B. EQUIPOS NO CERTIFICADOS

Estos equipos se habrán adquirido con anterioridad al 30 de junio de 2003 y, conforme a lo establecido en el Anexo II del Real Decreto 681/2003, la instalación, los aparatos, los sistemas de protección y sus correspondientes dispositivos de conexión sólo se pondrán en funcionamiento si el DPCE indica que pueden usarse con seguridad en una atmósfera explosiva.

Será, por tanto, preciso realizar una valoración acerca de su seguridad de uso. Para valorar dicho nivel de seguridad, el parámetro a considerar debe ser el modo de protección utilizado en la construcción del equipo, entendiendo como tal las reglas constructivas para el empleo seguro de los equipos en una atmósfera explosiva.

Para el caso de equipos eléctricos estos modos aportan tres tipos diferentes de soluciones:

- Reducir la energía o impedir su aporte (en forma de chispas o arcos).
- Separar la fuente de energía de la atmósfera explosiva.
- Confinar la explosión, controlando sus efectos.

Los modos habitualmente utilizados en equipos fabricados con anterioridad al 30 de junio de 2003 se indican en la tabla 20:

Equipos eléctricos	
Modo	Símbolo
Envolvente antideflagrante	d
Presurización	p
Encapsulado	m
Relleno pulverulento	q
Inmersión en aceite	o
Seguridad aumentada	e
Seguridad intrínseca (equipos)	i (a,b)
Seguridad intrínseca (sistemas)	SYS
Simplificado	n (A/C/R)
Especial	s

Tabla 20. Modos de protección de equipos eléctricos (no certificados).

Normalmente, estos equipos eléctricos dispondrán de un certificado de conformidad europeo conforme a la Directiva del Viejo Enfoque 76/117/CEE en el cual

aparecerán reseñados los modos utilizados. La solución aportada por cada uno de ellos, sería la indicada en la tabla 21:

Solución	Modo de protección
Reducir energía	e, ia, ib, nA, nC
Separar fuente	p, m, q, o, nR, nC
Confinar explosión	d

Tabla 21: Correspondencia de los modos de protección y su posible solución.

Teniendo en cuenta los niveles de protección ofrecidos por cada uno de los modos, que están directamente relacionados con el tipo de solución aportada por ellos, se puede establecer, a título orientativo, una indicación de los modos más adecuados para cada una de las zonas de riesgo.

Así, por ejemplo, el LOM establece la interpretación que se recoge en la tabla 22 a la hora de evaluar la adecuación de los modos de protección⁴⁴.

Zona de riesgo	Modos más adecuados
Zona 0	ia
Zona 1	d, e, ia, ib, m, o, p, q
Zona 2	n

Tabla 22. Modo de protección adecuado a cada zona ATEX clasificada.

Para el caso de emplazamientos con polvo (zonas 20, 21 y 22), habrá que valorar la estanqueidad y la temperatura superficial máxima del equipo, siendo válidas las indicaciones presentadas a este respecto en el punto 2.1.3 del presente apéndice.

En el caso de equipos no eléctricos (equipos mecánicos), habrá que proceder a una adecuación por reconfiguración de los mismos, tal y como se define en el apartado siguiente (“Modificación y reparación de equipos”) del presente apéndice. A este respecto, en la ya referida publicación del LOM, se incluye la tabla 23 en la que se establece una correlación entre los distintos modos de protección posibles y su validez para las distintas zonas clasificadas.

Zona de riesgo	Modos más adecuados
Zona 0 y Zona 20	g, c
Zona 1 y Zona 21	d, b, p, k
Zona 2 y Zona 22	fr

Tabla 23. Correlación entre los distintos modos de protección posibles.

Revisión, reparación y modificación de equipos

A. Revisión y reparación de un equipo

Los equipos deben ser revisados conforme a lo dispuesto en el manual de instrucciones y en caso de detectarse algún defecto, repararse.

Se debe entender como equipo revisado aquel en uso o que ha estado almacenado, cuya condición de buen funcionamiento ha sido restablecida, pero que no es defectuoso, mientras que un equipo reparado, es aquel cuya funcionalidad se ha restituido tras un defecto, sin que se hayan añadido nuevas características ni se hayan realizado modificaciones de ninguna otra clase. Es preciso señalar que las reparaciones deben efectuarse con piezas de recambio originales o equivalentes y siguiendo las instrucciones del fabricante. A este respecto, debe entenderse como pieza de recambio cualquier elemento con el que se pretenda sustituir una pieza estropeada o gastada de un producto que previamente se haya puesto en servicio y comercializado en la UE.

Las reparaciones que afectan al modo de protección serán conformes al certificado cuando se emplean las piezas del fabricante. Cuando el fabricante original no pueda suministrar el componente a reparar, cuando estén disponibles todas las especificaciones del componente y cuando el esquema de calidad del reparador lo permita, el reparador puede fabricar piezas de recambio, debiendo guardar y proporcionando al usuario un registro de tales circunstancias.

Por otra parte, debe entenderse como equipo reconstruido o reconfigurado aquel en cuyo proceso de reparación se haya realizado la retirada o adición de material para reconstruir componentes dañados con el objetivo de restablecer el correcto funcionamiento de acuerdo con la norma o normas con las que se fabricó.

La reparación de los equipos eléctricos se debe realizar teniendo en cuenta las consideraciones recogidas en la norma UNE EN 60079-19: 2011⁴⁵. A resultas de la misma, los equipos reparados y revisados deben marcarse de forma visible sobre la parte principal. Dicho marcado debe ser legible y duradero. El marcado debe incluir:

- el símbolo apropiado, conforme a dos posibilidades:
 - a) Si el equipo reparado cumple con la norma UNE EN 60079-19: 2011 y el certificado y/o especificaciones del fabricante:

⁴⁴ Breve guía sobre productos e instalaciones en atmósferas explosivas”. Fernández Ramón, C.; García Torrent, J.; Vega Remesal, A. Laboratorio Oficial J.M. Madariaga. Madrid, 2003.

⁴⁵ Esta norma será anulada y sustituida por la UNE-EN IEC 60079-19:2021 antes del 23 de noviembre de 2022.



Figura 27. Símbolo de equipo reparado que cumple con la UNE EN 60079-19: 2011 y el certificado y/o especificaciones del fabricante.

- b) Si después de la revisión o reparación el equipo reparado cumple con la norma UNE EN 60079-19: 2011 y las normas de protección contra explosiones según las cuales se fabricó, pero no necesariamente cumple con la documentación del certificado; o se desconocen las normas según las cuales se fabricó, pero se han aplicado los requisitos de la norma UNE EN 60079-19: 2011 y la edición vigente de las normas sobre protección contra explosiones pero no puede asegurarse el cumplimiento de los documentos de certificación:



Figura 28. Símbolo de equipo reparado que UNE EN 60079-19: 2011 pero no necesariamente con el certificado y/o especificaciones del fabricante.

- el número de la norma UNE EN 60079-19: 2011 y UNE-EN 60079-19:2011/A1: 2016;
- el nombre del reparador o su marca registrada y la certificación del taller de reparación, si la hay;
- el número de referencia del reparador relacionado con la reparación;
- la fecha de la reparación/revisión.

En el caso de reparaciones posteriores, la placa de reparación/revisión debe retirarse, haciéndose un registro de todos los marcados que contenía.

B. Modificación o alteración

Se entiende como modificación o alteración todo cambio que da lugar a una construcción alternativa a la que se describe en la documentación del certificado, por lo que será necesaria la reevaluación de la conformidad según el Real Decreto 144/2016 por parte de un Organismo Notificado. Si se realiza la modificación, y no se realiza la evaluación adicional, se debe quitar o modificar el marcado para indicar de forma clara que el material no es conforme con el certificado original y en el informe de modificación que debe recibir el usuario por parte del taller se debe indicar claramente que el equipo no es apto para utilizarlo en una atmósfera explosiva sin una evaluación adicional.

APÉNDICE 5

FUENTES DE IGNICIÓN. ELECTRICIDAD ESTÁTICA

La inflamación de una atmósfera explosiva se produce cuando existe una fuente de ignición que proporciona la energía suficiente para producir la ignición de la mezcla inflamable. Por tanto, hay que tener en cuenta que no todas las fuentes de ignición identificadas pueden tener la energía necesaria para inflamar la atmósfera explosiva.

Para adoptar medidas preventivas en relación con la fuente de ignición es necesario conocer la energía mínima de ignición (EMI) de la sustancia inflamable que, como otras de sus propiedades, se determina en condiciones conocidas de presión, temperatura, turbulencias... que pueden, o no, coincidir con las condiciones ambientales del lugar de trabajo. Además, muchas mezclas inflamables necesitan energías de inflamación tan bajas que décimas de milijulios (0,1 mJ) serían suficientes para provocar la ignición, incluso algunas como el hidrógeno, el acetileno y el disulfuro de carbono se inflamarán incluso por debajo de este valor.

Por ello y por la dificultad de determinar la energía de algunas fuentes de inflamación, hay que evitar cualquier fuente de ignición no controlada que esté o pueda estar presente en las áreas con riesgo de explosión independientemente de su efectividad energética⁴⁶ y de la clasificación de la zona donde se presente.

Se analizan a continuación las fuentes de ignición más comunes y las medidas específicas para su control, haciendo una especial mención a las medidas preventivas frente a la electricidad estática.

Superficies calientes: pueden ser evidentes, como el caso de estufas, calentadores..., otras veces se asocian al propio funcionamiento de los equipos o a las condiciones del proceso, calentamiento de equipos, fluidos calientes circulando por tuberías, y también hay que considerar situaciones no previstas como fricciones o rozamientos por desgastes o falta de lubricación.

Hay que prestar atención a la superficie prevista para la disipación de calor. Por ejemplo, si se pintan las tuberías o los equipos, se está obstaculizando la disipación del calor producido. El mismo efecto tendría la acumulación de polvo.

El riesgo aumenta cuanto mayor sea el tamaño y la temperatura de la superficie caliente y depende del

tiempo de contacto de la atmósfera inflamable con la superficie caliente.

Para el caso de equipos, para prevenir la ignición de la ATEX habría que verificar el marcado de temperatura según se ha indicado en el apéndice 4 de esta guía técnica.

Llamas y gases calientes: las llamas aparecen con reacciones de combustión a temperaturas superiores a 1000 °C, generándose como productos de reacción gases a altas temperaturas y, en algunos casos, partículas incandescentes.

Cualquier tipo de llama, por pequeña que sea, tiene energía suficiente para inflamar una atmósfera inflamable.

Los gases calientes procedentes del funcionamiento de motores de combustión de vehículos, aunque no alcanzan temperaturas tan elevadas como los productos de combustión que acompañan a las llamas, también deben evaluarse como fuentes de ignición. 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 o el tubo de escape de motores de combustión, aparte de los gases calientes, también pueden salir partículas incandescentes y llamaradas o fogonazos, fuentes potentes de ignición. Se pueden instalar protecciones del tipo apagallamas; sin embargo, desde el punto de vista higiénico por la toxicidad de los gases de escape, se recomienda su control y evaluación para uso en interiores.

Chispas de origen mecánico: el movimiento relativo entre objetos, componentes de maquinaria y materiales en contacto generan un aumento de temperatura debido a la fricción. En algunos materiales este aumento de temperatura irá acompañado del desprendimiento de partículas incandescentes en forma de chispas que, a altas temperaturas, pueden inflamar la atmósfera explosiva.

También la utilización de herramientas manuales⁴⁷ en ambientes inflamables o explosivos puede ser origen de chispas con suficiente energía para iniciar una deflagración. Fundamentalmente se puede hablar de dos posibles orígenes de la fuente de ignición:

⁴⁶ En algunas ocasiones las medidas preventivas se basan en la afirmación de que la fuente de ignición no tendrá la energía suficiente para inflamar la atmósfera explosiva de que se trate. Debido a la influencia de los parámetros indicados, es de suponer que todos ellos, así como las posibilidades de variación, han sido tenidos en cuenta. De cualquier forma, no se recomienda la aplicación de estas afirmaciones si no van acompañadas de medios para evitar la aparición de dicha fuente de ignición.

⁴⁷ Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los equipos de trabajo, elaborada por el INSST.

1. Ignición por fricción de las herramientas entre sí o con otros materiales.
2. Ignición debida a una chispa de origen químico producida por el impacto entre ciertos metales y algunas sustancias que contienen oxígeno. Es especialmente importante la chispa generada por el contacto entre la herrumbre y metales ligeros (por ejemplo, aluminio y magnesio) y sus aleaciones. La chispa generada en este caso alcanza una mayor temperatura y es de mayor duración que en el punto anterior.

Una selección adecuada de materiales, el engomado de superficies, el revestimiento de las zonas afectadas por herrumbre o el trabajo en ambientes húmedos, puede evitar su aparición.

Aparatos eléctricos: los aparatos eléctricos pueden ser fuentes de ignición debido al calor que alcanza su superficie y como resultado de arcos eléctricos y/o chispas generados por trabajos incorrectos, mantenimiento deficiente de los elementos de corte, maniobras de conexión y desconexión, cortocircuitos por conexiones erróneas o por trabajos inadecuados, superficies calientes de equipos o instalaciones por sobrecargas de intensidad, chispas producidas por corrientes parásitas, chispas producidas por descargas electrostáticas y chispas producidas entre colectores y escobillas en ciertos motores eléctricos de corriente continua o universales⁴⁸. Es por ello que las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión deben cumplir con las especificaciones dispuestas en la ITC- BT -29 del REBT sumado a que el marcado de los equipos eléctricos sea acorde a lo indicado en el apéndice 4 de esta guía técnica.

Por último, cabe señalar que la muy baja tensión de seguridad está concebida para la protección de las personas contra los choques eléctricos y no constituye una medida para la protección contra la explosión.



Figura 29. Camión aspirador ATEX con armazon ignífugo.

Reacciones exotérmicas y autoignición de polvos: 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 y así evitar la ignición de la atmósfera explosiva.

Ondas electromagnéticas de radiofrecuencia de 10^4 Hz a $3 \cdot 10^{11}$ Hz: todos los sistemas que producen y utilizan energías eléctricas de alta frecuencia o sistemas de radiofrecuencia (emisores de radio, generadores de radiofrecuencias médicos o industriales para calentamiento, secado, endurecimiento, soldado, oxicorte, etc.) generan ondas electromagnéticas. Estos equipos, usados en zonas de riesgo deben ser valorados como equipos eléctricos considerando además los efectos de las ondas electromagnéticas por sí mismas.

Los conductores o partes conductoras en las inmediaciones de campos electromagnéticos pueden actuar como antenas receptoras. Si son suficientemente efectivos y el campo es suficientemente potente, en virtud de la distancia y la potencia del transmisor, existirá la posibilidad de provocar la ignición de la atmósfera inflamable.

Ondas electromagnéticas de $3 \cdot 10^{11}$ Hz a $3 \cdot 10^{15}$ Hz: la radiación entre el infrarrojo y el ultravioleta puede ser también fuente de ignición ya que, especialmente cuando está concentrada, puede ser absorbida por la propia atmósfera explosiva o por las superficies sólidas provocando la inflamación de dicha atmósfera.

Por ejemplo: la radiación solar puede desencadenar una ignición si existen objetos que produzcan la convergencia de la radiación (lentes, botellas, reflectores...).

Electricidad estática: el riesgo de ignición por electricidad estática se da cuando un material aislante, con exceso de carga eléctrica, entra en contacto con un material conductor y, por tanto, se libera del exceso de carga eléctrica.

Para más información sobre los parámetros que intervienen, cómo se produce y se elimina la electricidad estática véase el [Documento Divulgativo: Riesgos debidos a la electricidad estática](#), elaborado por el INSST.

Para evitar la generación y/o acumulación de cargas electrostáticas la clave está en propiciar la disipación de las cargas. Esto se puede lograr mediante alguna de las siguientes actuaciones:

⁴⁸ Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la protección frente al riesgo eléctrico, elaborada por el INSST.

1. Equipos de Protección Individual disipativos

En zonas con presencia de atmósferas explosivas la necesidad sobre el posible uso de EPI con características disipativas vendrá determinada por la correspondiente evaluación de riesgos. En este sentido, los EPI que se usen podrán requerir la verificación de sus propiedades disipativas, siendo necesario, entre otros aspectos, prestar atención a los materiales con que están fabricados y a las situaciones que se puedan dar durante su utilización (por ejemplo, durante su puesta o retirada o debido a la fricción que pueda darse entre ellos o con otros materiales).

En la actualidad sólo existen normas técnicas armonizadas para ropa, guantes y calzado de protección que incluyen métodos de ensayo y, en ocasiones, requisitos adicionales para aplicaciones especiales referentes a las propiedades antiestáticas o conductoras de los equipos. No obstante, hay criterios técnicos para la adecuada selección, uso y mantenimiento de los EPI con propiedades disipativas fundamentados en informes técnicos europeos de requisitos generales respecto a las propiedades electrostáticas de los materiales. A este respecto, el INSST ha elaborado la [NTP 887](#), la NTP 1138 y la NTP 1139 en donde recogen pautas a considerar para seleccionar el calzado de protección, la ropa de protección y los guantes de protección más adecuados frente al riesgo de ignición por descarga electrostática del trabajador.

En cualquier caso, no hay que olvidar que la principal e inexcusable protección contra las descargas electrostáticas es la adecuada puesta a tierra. En el caso de las personas, es fundamental que los trabajadores que desarrollan su trabajo en zonas clasificadas con EMI menor de 10 mJ⁴⁹ estén debidamente puestos a tierra para evitar que se carguen electrostáticamente, independientemente de que la evaluación de riesgos determine la necesidad del posible uso de EPI disipativos.

A. Calzado de protección

Existen dos tipos de calzado de protección para conectar a las personas a tierra, evitando que se carguen electrostáticamente:

- El **calzado antiestático** se debe utilizar cuando sea necesario minimizar la acumulación electrostática mediante la disipación de las cargas pero el riesgo de choque eléctrico no se ha eliminado completamente. Este tipo de calzado es adecuado para uso general.
- El **calzado conductor** se debe utilizar cuando es necesario minimizar la carga electrostática en el

menor tiempo posible (por ejemplo, cuando se manipulan sustancias con energía mínima de ignición muy baja). Por el contrario, no debe llevarse cuando exista riesgo de contacto eléctrico accidental, no siendo adecuado su uso general.

Para más información para su selección y utilización véase la NTP 887, elaborada por el INSST.

Durante el uso, la resistencia eléctrica del calzado fabricado con material conductor o antiestático puede cambiar significativamente debido a aspectos como por ejemplo la flexión, la contaminación por suciedad y la humedad, por lo que es necesario garantizar que su función disipativa no disminuye con el paso del tiempo. Por ello se recomienda al usuario establecer un programa regular de ensayo de resistencia eléctrica del calzado.

Así mismo, no debe introducirse ningún elemento aislante, con excepción de un calcetín normal, entre la plantilla del calzado y el pie del usuario. Si se introduce cualquier elemento entre la plantilla y el pie, deberían comprobarse las propiedades eléctricas de la combinación introducida.

El folleto informativo que se suministra con el equipo debe explicar el marcado de seguridad, así como indicar las correspondientes limitaciones de uso.

B. Ropa de protección

La ropa de protección, al igual que cualquier EPI, deberá cumplir con los requisitos de diseño y fabricación recogidos en el Reglamento (UE) 2016/425. Para verificar el cumplimiento del requisito 2.6 de dicho reglamento pueden emplearse los procedimientos de certificación de la norma técnica armonizada UNE-EN 1149-5:2018 que recoge los requisitos de comportamiento de material y diseño.

En cuanto a los requisitos electrostáticos relativos al material, para considerar que tiene disipación electrostática se debe satisfacer al menos uno de las siguientes cuestiones:

- tiempo de semi-disipación $t_{50\%}$ menor de 4s o el factor de protección S mayor de 0,2 (método de ensayo 2 de UNE-EN 1149-3: 2004), siendo:

$S = 1 - E_R / E_{\max}$ (Relación entre el campo eléctrico medido sin y con la muestra de tejido presente).

- resistencia superficial R menor o igual a $2.5 \times 10^9 \Omega$ en al menos una de las superficies (UNE-EN 1149-1:2007).

⁴⁹ Se estima que el cuerpo humano, en la situación más desfavorable, es capaz de acumular una energía de hasta 10 mJ (véase la NTP 1138).

Para determinar la ropa de protección más adecuada al trabajo a desarrollar es fundamental consultar la información suministrada por el fabricante en el folleto informativo en donde se indican, entre otros aspectos, los requisitos electrostáticos relativos al material de la ropa de protección.

Además, la prenda deberá ir marcada con el pictograma de protección contra la electricidad estática (véase figura 30) junto con la referencia a la norma específica:



Figura 30. Pictograma de protección contra la electricidad estática.

C. Guantes de protección con propiedades electrostáticas

En el caso de ser necesario llevar guantes de protección con propiedades electrostáticas, estos deberán cumplir con los requisitos de la norma técnica armonizada UNE-EN 16350:2014, de manera que se garantice la continuidad eléctrica entre objetos conductores aislados con las manos provistas de guantes y las manos del trabajador. La citada norma incluye un método de ensayo para medir la resistencia eléctrica a través del material (resistencia vertical) y los requisitos que deben cumplir los guantes de protección con propiedades electrostáticas con la indicación de que sólo serán efectivos si el trabajador que los lleva está conectado a tierra con una resistencia inferior a $10^8 \Omega$.

El marcado de los guantes conforme a la norma UNE-EN 16350:2014 debe hacerse atendiendo a la norma UNE-EN ISO 21420:2020 que especifica, entre otros requisitos, la obligatoriedad de uso del pictograma de protección contra la electricidad estática (figura 30).

El comportamiento electrostático disipativo de la ropa y los guantes de protección puede verse afectado por el uso, rasgado, limpieza y posible contaminación. Por ello, es muy importante seguir estrictamente las instrucciones de limpieza dadas por el fabricante, ya que sólo así podremos garantizar que se mantienen las propiedades disipativas después de someterse al proceso de limpieza. Asimismo, deben seguirse las instrucciones de uso indicadas por el fabricante entre las que se incluyen advertencias tales como el uso simultáneo con calzado disipativo, no quitarse la ropa

en presencia de atmósferas explosivas y la necesidad de un buen ajuste de la prenda al trabajador.

2. Otras medidas

A. Puesta a tierra y conexión equipotencial de todas las superficies conductoras

Es necesario que la resistencia de tierra del conjunto no supere el valor de $1 M\Omega$, en general, para que la medida sea efectiva.

Se considera que ya están conectados a tierra las tuberías enterradas y los tanques de almacenamiento dispuestos sobre el terreno. Por otra parte, la conexión equipotencial se consigue por medio de la interconexión mediante un conductor, de todas las superficies conductoras, estando a su vez el conjunto conectado a tierra.

B. Aumento de la conductividad de materiales

Esto se puede lograr:

- Aumentando la humedad relativa del aire hasta valores no inferiores al 60%. El control de la humedad ambiental se puede lograr mediante el empleo de equipos de aire acondicionado o humidificadores de aire. En la utilización de equipos de climatización se debe controlar la humedad relativa de los locales climatizados ya que especialmente en invierno el incremento de temperatura del aire para el confort interior ocasiona una disminución de la humedad relativa procedente del exterior.
- Por tratamiento superficial: al agregar productos antiestáticos a las pinturas que se utilizan para cubrir los materiales, como, por ejemplo, agua con glicerina, se puede aumentar su conductividad superficial y favorecer la formación de capas de humedad.

C. Empleo de ionizadores de aire

Esta medida permite aumentar la conductividad del aire y que este sea capaz de disipar las cargas electrostáticas que se puedan generar. Los ionizadores pueden ser de varios tipos:

- De radiaciones ionizantes, que pueden emitir rayos ultravioletas, rayos X, partículas α , β o γ . Los α y β son bastante efectivos para la eliminación de cargas superficiales o espaciales⁵⁰.

⁵⁰ Estos ionizadores deben estar certificados por el Consejo de Seguridad Nuclear, de acuerdo con lo dispuesto al efecto en el Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas.

- De electrodos a alta tensión: propician descargas tipo corona en puntas, alambres, hojas o bordes sometidos a campos eléctricos intensos (del orden de 6 kV). Son un medio efectivo para neutralizar cargas en tejidos de algodón, lana, seda o papel. No son aptos para ambientes con atmósferas explosivas efectivas, salvo que dispongan de certificación ATEX.
- De electrodos puntiagudos conectados a tierra (eliminador inductivo o neutralizador estático): ionizan el aire por efecto corona si el campo estático es elevado. Al incrementarse la acumulación de cargas en las puntas, se produce la ionización del aire. Estos descargadores se deben situar a una distancia de 10 - 20 mm de la superficie a descargar. Son un buen medio de disipación en ambientes con atmósferas explosivas, pues la neutralización sucede antes de que se acumulen cargas con suficiente energía para que supongan un foco de ignición efectivo para la mayoría de las sustancias.
- De llama abierta o de gas: se aplican fundamentalmente a los rodillos de impresión en industrias de artes gráficas. Sólo son válidos si se utilizan tintas de baja volatilidad.

D. Empleo de materiales o productos antiestáticos

El uso de materiales como plásticos y cintas de material impregnado de partículas conductoras para embalajes, adhesivos, bolsas, brochas y pinceles para operaciones de limpieza, mobiliario antiestático, etc.

E. Reducción de la velocidad relativa entre superficies en rozamiento

Cuanto menor sea el rozamiento entre superficies, menor será su capacidad de cesión o admisión de carga electrostática.

F. 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. Cuanto menor sea la velocidad de paso del material por la tubería, menor será la posibilidad de generación de electricidad estática.

G. Utilización de suelos de material disipador (no aislante)

En locales con riesgo de incendio o explosión se pueden agregar a los suelos aditivos que aumenten su conductividad como, por ejemplo, el grafito. También se pueden utilizar suelos sintéticos especiales con una conductividad adecuada.

Por su parte, los vehículos que transiten por este tipo de locales deberían utilizar neumáticos con características antiestáticas, lo cual se consigue, por ejemplo, agregando negro de carbón al caucho de los neumáticos en el proceso de fabricación.

H. Instalación de medios conductores de descargas electrostáticas para las personas

Este procedimiento es muy útil realizarlo como paso previo para aquellos trabajadores que van a realizar operaciones con líquidos inflamables u otros trabajos a los que les afecte la carga estática.

El método más utilizado es el contacto con una placa metálica a tierra a través de una llave o herramienta para evitar molestias. En lugares que tengan suelos de material aislante y como medida complementaria a los aditivos antiestáticos y la humidificación del ambiente, se pueden colocar alfombrillas antiestáticas alrededor de las máquinas para descargarse por los pies antes de tocar las partes metálicas con las manos. Otros productos que se suelen utilizar durante la realización de los trabajos son muñequeras y tobilleras conectadas a tierra.

Otros procedimientos para evitar la generación o acumulación de carga estática son los siguientes:

- Elección adecuada de materiales que vayan a entrar en contacto. Se trata de evitar que entren en contacto materiales que tengan afinidades electrónicas muy diferentes, es decir, que estén muy separados en la serie triboeléctrica (para más información sobre la serie triboeléctrica véase la [NTP 567](#)).
- Reducción de la presión de contacto entre los materiales, ya que así se reduce el área de contacto y se dificulta la transferencia de cargas estáticas.
- Control adecuado de la temperatura de contacto de las superficies, pues su incremento favorece en gran medida la movilidad electrónica de los átomos superficiales, es decir, de cargas entre las mismas.

IV. FUENTES DE INFORMACIÓN

A) DOCUMENTOS CITADOS EN LA GUÍA

Normativa legal relacionada

La legislación referida a lo largo de esta guía puede consultarse a través de internet en el sitio web del INSST - <http://www.insst.es> - donde, además, se puede acceder a diversa documentación elaborada por el propio INSST, así como a enlaces de instituciones y organismos europeos e internacionales.

La normativa citada en la presente Guía técnica es la existente en el momento de publicación de la misma. No obstante, hasta una nueva revisión puede ser publicada otra normativa que deberá ser tenida en cuenta.

La normativa se encuentra enlazada directamente al apartado “legislación consolidada” del BOE. No obstante, en las disposiciones para las que el BOE no disponga de su texto consolidado, se recomienda consultar el apartado de “análisis jurídico”.

Ámbito nacional

- Real Decreto 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera y sus Instrucciones técnicas complementarias de desarrollo.
- Real Decreto 2085/1994, de 20 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Petrolíferas, o del ámbito de la protección civil.
- Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas y sus modificaciones posteriores.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativo a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se

establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

- Real Decreto 1389/1997, de 5 de septiembre, por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras.
- Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas.
- Real Decreto 412/2001, de 20 de abril, por el que se regulan diversos aspectos relacionados con el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos y sus modificaciones posteriores.
- 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.
- Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código técnico de la edificación.
- Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias, ICG 01 a 11.
- Real Decreto 1416/2006, de 1 de diciembre, por el que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MI-IP 06 "Procedimiento para dejar fuera de servicio los tanques de almacenamiento de productos petrolíferos líquidos".
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Orden TIN/2504/2010, de 20 de septiembre, por la que se desarrolla el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 97/2014, de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español.

- Real Decreto 552/2014, de 27 de junio, por el que se desarrolla el Reglamento del aire y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea y se modifica el Real Decreto 57/2002, de 18 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Aérea.
- Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.
- Real Decreto 144/2016, de 8 de abril, por el que se establecen los requisitos esenciales de salud y seguridad exigibles a los aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas y por el que se modifica el Real Decreto 455/2012, de 5 de marzo, por el que se establecen las medidas destinadas a reducir la cantidad de vapores de gasolina emitidos a la atmósfera durante el repostaje de los vehículos de motor en las estaciones de servicio.
- Real Decreto 130/2017, de 24 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Explosivos.
- Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10.
- Real Decreto 706/2017, de 7 de julio, por el que se aprueba la instrucción técnica complementaria MI-IP 04 "Instalaciones para suministro a vehículos".

Ámbito europeo

- Directiva 76/117/CEE del Consejo, de 18 de diciembre de 1975, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre el material eléctrico utilizable en atmósfera explosiva.
- Directiva 82/130/CEE del Consejo, de 15 de febrero de 1981, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros relativas al material eléctrico utilizable en atmósfera explosiva de las minas con peligro de grisú.
- Reglamento (CE) n° 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) n° 1907/2006.
- Directiva 2014/34/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas (refundición).
- Guía Europea de la Directiva 2014/34/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.
- Reglamento (UE) 2015/830 de la Comisión de 28 de mayo de 2015 por el que se modifica el Reglamento (CE) no 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH).
- Reglamento (UE) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2016 relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo.
- Reglamento (UE) 2016/426 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2016, sobre los aparatos que queman combustibles gaseosos y por el que se deroga la Directiva 2009/142/CE.

Normas técnicas

En el presente documento se citan diversas normas técnicas en las que se indica el año de la versión referenciada. Es esta versión la que responde a los comentarios específicos que puedan hacerse en la guía técnica. No obstante, en determinados casos, es recomendable tomar en consideración la última versión de la norma que, en el momento de su lectura, esté vigente. Esta advertencia es de especial interés en el caso de que la norma citada sea armonizada.

- UNE-EN 1149-3: 2004 Ropas de protección. Propiedades electrostáticas. Parte 3: Métodos de ensayo para determinar la disipación de la carga.
- UNE 202007 IN: 2006 Guía de aplicación de la Norma UNE-EN 60079-10. Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Clasificación de emplazamientos peligrosos.
- UNE-EN 1149-1:2007 Ropas de protección. Propiedades electrostáticas. Parte 1: Método de ensayo para la medición de la resistividad de la superficie.
- UNE EN 60079-19: 2011 Atmósferas explosivas. Parte 19: Reparación, revisión y reconstrucción de material.
- UNE-EN ISO 20344:2012 Equipos de protección personal. Métodos de ensayo para calzado.
- UNE-EN 20345: 2012 Equipo de protección individual. Calzado de seguridad.
- UNE-EN 20347:2013 Equipo de protección personal. Calzado de trabajo.
- UNE-EN 60079-11:2013 Atmósferas explosivas. Parte 11: Protección del equipo por seguridad intrínseca "i".
- UNE-EN 16350: 2014 Guantes de protección. Propiedades electrostáticas.
- UNE-EN 20346: 2014 Equipo de protección personal. Calzado de protección.
- UNE-EN 60079-0/A11:2014 Atmósferas explosivas. Parte 0: Equipo. Requisitos generales.
- UNE-EN 60079-0:2016 Atmósferas explosivas. Parte 0: Equipo. Requisitos generales.

- UNE-EN 60079-10-1: 2016 Atmósferas explosivas. Parte 10-1: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas gaseosas.
- UNE-EN 60079-10-2: 2016 Atmósferas explosivas. Parte 10-2: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas de polvo.
- UNE-EN 60079-19:2011/A1: 2016 Atmósferas explosivas. Parte 19: Reparación, revisión y reconstrucción de material.
- UNE-EN ISO/IEC 80079-20-2:2016/AC: 2017 Atmósferas explosivas. Parte 20-2: Características del material. Métodos de ensayo de polvos inflamables.
- UNE-EN 1149-5: 2018 Ropas de protección. Propiedades electrostáticas. Parte 5: Requisitos de comportamiento de material y diseño.
- UNE-EN 1127-1:2020 Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: Conceptos básicos y metodología.
- UNE-EN ISO 80079-36:2017/AC: 2020 Atmósferas explosivas. Parte 36: Equipos no eléctricos destinados a atmósferas explosivas. Metodología básica y requisitos.
- UNE-EN ISO 21420: 2020 Guantes de protección. Requisitos generales y métodos de ensayo.
- UNE-EN IEC 60079-19:2021 Atmósferas explosivas. Parte 19: Reparación, revisión y reconstrucción del equipo.
- UNE-EN ISO/IEC 80079-20-1:2021 Atmósferas explosivas. Parte 20-1: Características del material para la clasificación de gas y vapor. Métodos de ensayo y datos.
- NFPA 654 Standard on the fundamentals of combustible dust.

Publicaciones del INSST

Guías técnicas

- Guía técnica para la integración de la prevención de riesgos laborales en el sistema general de gestión de la empresa.
- Guía técnica de simplificación documental.
- Guía técnica de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con agentes químicos.
- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los equipos de trabajo.
- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la protección frente al riesgo eléctrico.

Notas Técnicas de Prevención (NTP)

- NTP 553 Agentes químicos: estrategias de muestreo y valoración (I).
- NTP 567 Protección frente a cargas electrostáticas.

- NTP 826 El documento de protección contra explosiones (DPCE).
- NTP 887 Calzado y ropa de protección "antiestáticos".
- NTP 918 Coordinación de actividades empresariales (I).
- NTP 919 Coordinación de actividades empresariales (II).
- NTP 1052 Coordinación de actividades empresariales: criterios de eficiencia (I).
- NTP 1053 Coordinación de actividades empresariales: criterios de eficiencia (II).
- NTP 1138 Equipos de protección individual disipativos en zonas con riesgo de explosión (I): criterios generales de selección.
- NTP 1139 Equipos de protección individual disipativos en zonas con riesgo de explosión (II): selección, uso y mantenimiento.

Otras publicaciones

- DD.076: Riesgos debidos a la electricidad estática. Cantalejo, M. (2015).

Otras publicaciones

- Industrial explosion prevention and protection. F. T Bodurtha. New York, McGraw-Hill Book Company (1980).
- Dust explosions in the process industries. R. K. Eckhoff. Oxford, Butterworth-Heinemann (1991).
- Dust explosion. Prevention and protection. J. Barton. Rugby, Institution of Chemical Engineers (2002).
- Breve guía sobre productos e instalaciones en atmósferas explosivas. Fernández Ramón, C.; García Torrent, J.; Vega Remesal, A. Laboratorio Oficial J.M. Madariaga (2003).

B) OTROS DOCUMENTOS NO CITADOS EN LA GUÍA

- Seguridad industrial en atmósferas explosivas. Editor: Javier García Torrent. Laboratorio Oficial J.M. Madariaga. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid. (2003).
- Evaluación de riesgos en atmósferas explosivas. C. Fernández Ramón et al. Laboratorio Oficial Madariaga. Madrid. Ingeniería Química, nº 413. (2004)
- Manual práctico. Clasificación de zonas en atmósferas explosivas. F. Escuer Ibars y J. García Torrent. Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona. (2005).
- Prevención y protección de explosiones de polvo en instalaciones industriales. Xavier de Gea Rodríguez. 2007, Fremap (2007).
- El documento de protección contra explosiones. J. García Torrent y E. Querol Aragón. Laboratorio Oficial Madariaga. Universidad Politécnica de Madrid. Ingeniería Química, nº 427 (2005).

C) REFERENCIA A LA WEB DE ORGANISMOS DE INTERÉS

Los enlaces citados a continuación no pertenecen al INSST y, por lo tanto, este organismo no se hace responsable de su contenido. Todos los enlaces indicados han sido verificados en la fecha de la publicación de esta guía.

- <http://www.insst.es>

Sede web del INSST en la que se pueden encontrar las disposiciones normativas, así como otros documentos de interés relativos a la prevención del riesgo derivado de la presencia de atmósferas explosivas y, más concretamente, en el [portal Seguridad en el trabajo](#).

- https://eur-lex.europa.eu/summary/chapter/employment_and_social_policy.html?root_default=SUM_1_CODED%3D17,SUM_2_CODED%3D1708&locale=es

Página web donde se puede encontrar una síntesis de la legislación sobre seguridad y salud de la Unión Europea.

- <http://www.f2i2.net/LegislacionSeguridadIndustrial/SeguridadIndustrial.aspx>

Página web del Ministerio de Industria, Energía y Turismo en donde se dispone de una amplia relación de la normativa sobre seguridad industrial aplicable a productos e instalaciones.

Para cualquier observación o sugerencia en relación con esta Guía técnica, puede dirigirse al:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

C/Torrelaguna, 73 - 28027 Madrid

Tlf. 91 363 41 00



www.insst.es



GT.120.1.21



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO
Y ECONOMÍA SOCIAL

insst

Instituto Nacional de
Seguridad y Salud en el Trabajo