

Atmósferas explosivas

Atmósfera explosiva (ATEX) 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.

Para que se dé una atmósfera potencialmente explosiva se requiere la combinación de la mezcla de una sustancia inflamable o combustible con un oxidante a una concentración determinada, y una fuente de ignición. El riesgo se hace mayor y más complicado cuando nos encontramos en un espacio confinado y con trabajos de manipulación de esas sustancias en muy diversas industrias y procesos productivos.

No se incluye en la definición de ATEX el riesgo de explosión de sustancias inestables, tales como los explosivos, material pirotécnico y peróxidos orgánicos o cuando las mezclas explosivas están sometidas a condiciones no consideradas como atmosféricas normales, como es el caso de mezclas sometidas a presión.

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.

La definición de atmósfera explosiva incluye en general 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.

Las explosiones 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 auto-ignición de la mezcla inflamable que aún no se ha quemado.

Tipos / Parámetros

Se distinguen dos tipos de atmósferas explosivas (ATEX):

- **Atmósferas de gas explosivas:** mezcla de una sustancia inflamable en estado de gas o de vapor con el aire, en la que, en caso de ignición, la combustión se propaga a toda la mezcla no quemada.

Se reserva el término "vapor" al estado gaseoso que adoptan los líquidos por acción del calor. Todos los vapores de sustancias líquidas combustibles, como carburantes, aceites combustibles, disolventes..., pueden causar atmósfera explosiva.

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, por tanto, a efectos de medidas preventivas, medios de protección y equipos a utilizar, suelen considerarse como vapor.

- **Atmósfera con polvo explosivo:** mezcla de aire, en condiciones atmosféricas, con sustancias inflamables bajo la forma de polvo o fibras, en la que, en caso de ignición, la combustión se propaga al resto de la mezcla no quemada.

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.

El polvo con capacidad de formar atmósferas explosivas, es materia particulada que proviene de sólidos combustibles. La dispersión de estas partículas sólidas en el aire formando una nube de polvo también se produce, normalmente, 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 atmósferas explosivas. La permanencia en suspensión en el aire de estas partículas dependerá de su densidad, del tamaño de las partículas que lo constituyen, de las condiciones ambientales, etc.

Se incluyen en general todos los polvos formados a partir de materia orgánica (sustancias alimenticias y piensos, sustancias vegetales...), determinadas sustancias químicas (productos farmacéuticos, determinadas materias plásticas...) y aquellos provenientes del procesado y manipulación de algunos metales (aluminio, magnesio...) finamente divididos y especialmente en atmósferas enriquecidas en oxígeno.

En general, 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.

Mezclas híbridas. Son 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.

Parámetros característicos ATEX:

- **Rango de explosividad:** Para que la atmósfera se convierta en explosiva, la concentración de los elementos antes citados deben estar dentro de un rango. Por encima o por debajo del mismo no se puede considerar como tal. El rango lo determinan los límites de explosividad.

- **Límite Inferior de Explosividad (LIE):** Es la concentración mínima de gases, vapores o nieblas inflamables en aire por debajo de la cual, la mezcla no es explosiva.

- **Límite Superior de Explosividad (LSE):** Es la concentración máxima de gases, vapores o nieblas inflamables en aire por arriba de la cual, la mezcla no es explosiva.

- **Temperatura de inflamación o punto de destello:** Es la temperatura a la que el desprendimiento de vapores es suficiente para que se produzca la inflamación por aportación de energía de un foco externo.

- **Temperatura de ignición o de auto-ignición:** A esta temperatura la mezcla entra en combustión espontánea. No precisa una fuente de energía externa para que se produzca la ignición.

- **Temperatura máxima superficial:** Temperatura máxima que puede alcanzar un material sin convertirse en un foco de ignición para a atmósfera que lo rodea.

- **Energía mínima de inflamación:** Es la energía que debemos aportar a una atmósfera explosiva para que se produzca la ignición.



Figura 7 - Rango de explosividad de una sustancia inflamable.

Parámetros básicos sobre atmósferas explosivas debido a la presencia de polvos combustibles:

- **Concentración mínima de explosión:** Equivale al límite inferior de explosividad de los gases.

- **Temperatura mínima de ignición a nube (TIN):** Equivale al punto de destello.

- **Temperatura mínima de ignición en capa (TIC):** Equivale a la temperatura máxima superficial.

- **Energía mínima de ignición (EMI):** Equivale a la energía mínima de inflamación.

- **Concentración máxima de oxígeno permitida para prevenir la ignición:** Es la máxima concentración de oxígeno a la que no se produce explosión del polvo combustible.

- **Presión máxima de explosión:** Máxima presión que se alcanza durante la explosión.

- **Gradiente máximo de presión:** Velocidad de crecimiento de la presión. Nos da idea de la virulencia de la explosión

Clasificación de zonas ATEX

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, y adoptar medidas en cuanto a equipos a utilizar en dichas áreas, actividades permitidas y procedimientos de trabajo a seguir, etc. 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 (la probabilidad de formación) y su permanencia (duración de la atmósfera explosiva). Esta contingencia vendrá dada por la naturaleza y comportamiento de las fuentes de escape y por condicionantes del proceso o trabajo analizado.

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.

CLASIFICACIÓN DE ÁREAS CON RIESGO DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS (ATEX): GASES, VAPORES Y NIEBLAS INFLAMABLES

ATEX 137
Directiva 1999/92/CE
R.D. 681/2003

INTRODUCCIÓN

Con el fin de determinar el alcance de las medidas de prevención y protección que deben adoptarse, el empresario debe clasificar, en zonas, las áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas en cantidades tales que requiera la adopción de precauciones especiales para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores afectados (artículo 7 y Anexo I del RD 681/2003). Dicha clasificación debe realizarse teniendo en cuenta el tipo de sustancia que origina la atmósfera explosiva, la frecuencia con que se producen las atmósferas explosivas y su duración.

CLASIFICACIÓN DE LAS ÁREAS O EMPLAZAMIENTOS CON RIESGOS ESPECÍFICOS DERIVADOS DE LA PRESENCIA DE ATEX

Emplazamientos de Clase I	EMPLAZAMIENTOS PELIGROSOS (RD 842/2002) ITC-BT-29	Emplazamientos de Clase II
Áreas en las que hay o puede haber gases, vapores inflamables en cantidad suficiente para producir atmósferas explosivas e inflamables (incluida presencia de líquidos inflamables).		Áreas en las que hay o puede haber gases inflamables.

ÁREAS DE RIESGO ATEX (RD 681/2003)

En función del tipo de sustancia que origina la ATEX, la frecuencia con que se producen las ATEX y su duración.

ATEX = gases, vapores inflamables en forma de gas, vapor o niebla	ATEX = polvo de polvo combustible
ZONA 0 ATEX presente de modo permanente, o por un período de tiempo prolongado, o con frecuencia.	ZONA 20 ATEX presente de modo permanente, o por un período de tiempo prolongado, o con frecuencia.
ZONA 1 Es probable la formación ocasional, en condiciones normales de explotación, de una ATEX.	ZONA 21 Es probable la formación ocasional, en condiciones normales de explotación, de una ATEX.
ZONA 2 No es probable, en condiciones normales de explotación, la formación de una ATEX o, en caso de formarse, sólo permanecer durante un breve período de tiempo.	ZONA 22 No es probable, en condiciones normales de explotación, la formación de una ATEX o, en caso de formarse, sólo permanecer durante un breve período de tiempo.

EJEMPLOS

- ZONA 0**
 - El interior de recipientes de almacenamiento cerrados que contengan líquidos inflamables.
 - Entorno próximo a la salida de los tubos de aspiración de los depósitos atmosféricos de líquidos inflamables.
 - El interior de aparatos de fabricación o de mezcla cerrados.
 - Almacenes de partes recias traidas con sustancias que puedan desprender vapores inflamables como pinturas, productos de limpieza, etc. cuando no disponga de ventilación suficiente.
- ZONA 1**
 - La proximidad inmediata de aberturas de llenado y vaciado ocasionales de líquidos inflamables.
 - El exterior de recipientes que pueden abrirse ocasionalmente o la proximidad inmediata de aberturas de alimentación, bocas de carga y tomas de muestras.
 - Las oficinas de salida al aire libre de guardas espigafomas hidráulicas.
 - 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.
 - Fusos y conexiones cerradas sin estanqueidad asegurada.
- ZONA 2**
 - Las áreas en que el escape puede proceder de una avería o situación anormal o accidental.
 - Máquinas o tubos de nivel de vidrio en condiciones estancas.
 - Cierres o sellados de bombas, de compresores, válvulas, etc.
 - Aparatos de materiales frágiles (vidrio, cerámica...), protegidos en los que accidentalmente podría producirse su rotura.
 - Oficinas de reparación de membranas de manostectores (reductores de presión).
 - Cubetas de retención en condiciones de seguridad.
 - Almacenamientos de productos inflamables de acuerdo a la legislación vigente.

METODOLOGÍA DE CLASIFICACIÓN: ZONAS ATEX POR PRESENCIA DE GAS, VAPOR O NIEBLA INFLAMABLES

CARACTERIZACIÓN DE LA SUSTANCIA:

- ✓ EIMS (Índice de seguridad)
- ✓ EIS (Límites de explosividad)
- ✓ Punto de inflamación (Flash point)
- ✓ Temperatura de autoinflamación
- ✓ Energía_{min} de inflamación
- ✓ Grupo y subgrupo: IIA, IIB o IIC
- ✓ Densidad

IDENTIFICAR LAS FUENTES DE ESCAPE:

Definición: Punto o lugar desde el cual un gas, vapor o líquido inflamable se puede escapar a la atmósfera de tal forma que se pueda formar una atmósfera explosiva.

Categorización: Continuo / Primario / Secundario

Caracterización: Área de escape, geometría de la fuente, velocidad del escape, concentración...

DETERMINAR LA EXTENSIÓN DE ZONAS:

Los **parámetros básicos** para determinar la extensión de zonas son:

- Concentración de gas/vapor inflamable en la mezcla de la fuga.
- Velocidad (operada de vapor y calor de vaporización).
- Temperatura del líquido.
- Límite inferior de explosividad (LIE)
- Ventilación (natural/artificial) (sólo media baja)
- Densidad relativa del gas o vapor fugados.
- Condiciones climáticas: velocidad del viento...
- Otros: miscibilidad respecto al agua; topografía.

POSIBLE DESCLASIFICACIÓN DE ZONAS:

Posible desclasificación de zonas, en función de:

- Sistema de extracción localizada en las proximidades a las fuentes de emisión.
- Sistema de ventilación general.
- Eliminación de procesos discontinuos.
- Enceramiento/aislamiento de la zona expuesta.
- Sistema de cortos circuitos.
- Cualificaciones de doble pared.
- Inertización de la atmósfera peligrosa.
- Presurización del local clasificado.
- Uso de recipientes cerrados.
- Evacuación de escapes conducidos a zonas seguras (ej. válvulas de seguridad).

BIBLIOGRAFÍA:

- Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo, INSHT, Madrid 2008.
- Guía de buenas prácticas de carácter no obligatorio para la aplicación de la Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas. BPS/ESA, 25/08/2003, COM/15.
- UNE-EN 4897-10 Manual técnico para atmósferas de gas explosivos. Parte 10: clasificación de emplazamientos peligrosos.
- Guía del Comité Técnico Industrial CTE 11-25 "Guía al aplicacionista de la Norma CEN EN 4897-10 (CEN 11-25)
- Manual práctico: Clasificación de zonas en atmósferas explosivas. Frances Escuer Ebers y Javier García Torreal. Col. Leg. d'Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona.

AHORR:
ALONSO MARTÍN, M^a CARMEN
Centro Nacional de Condiciones de Trabajo, BCN. (mc.alonso@mtfn.es)

PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN
CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO BARCELONA

A) Lugares con presencia de gases o vapores inflamables

En estos es posible la formación en cualquier momento de atmósferas explosivas, por ejemplo están zonas de trasvase de líquidos explosivos, cabinas de pintura, almacenes de disolventes, etc.

Se subdividen a su vez en función de la probabilidad de presencia de la atmósfera explosiva en:

- Zona 0: presencia permanente o durante largos periodos de tiempo. Sólo se darán en el interior de recipientes o instalaciones que pueden entrar en contacto con el aire exterior (evaporadores, recipientes de reacción), ya que no es aceptable la presencia permanente de atmósfera explosiva en zonas de trabajo.

- Zona 1: susceptible de formarse en condiciones normales de trabajo de manera ocasional.

- Zona 2: presencia poco probable y en caso de producirse lo hace por cortos periodos. Asociado a pequeños escapes o fugas imprevistas.

Los principios de seguridad a considerar serán:

- Las zonas de riesgo de explosión serán lo más reducidas posible.
- La presencia de equipos eléctricos se minimizará y serán de protección acorde a la zona.

B) Lugares con presencia de Polvo Combustible.

Como ejemplo podemos citar silos de cereales, molinos, plantas de tratamiento de carbón, plantas de fertilizantes, etc.

Dentro de esta clase se distingue:

- Zona 20: Es aquella en la que hay o puede haber polvo combustible durante las operaciones normales de funcionamiento, puesta en marcha o limpieza, en cantidad suficiente para producir una atmósfera explosiva, de forma permanente, o por un período de tiempo prolongado, o con frecuencia.

- Zona 21: Es aquella en la que la nube o capa de polvo es susceptible de formarse en condiciones normales de trabajo. Es probable la formación ocasional, en condiciones normales de trabajo, de una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire.

- Zona 22: presencia poco probable y por cortos periodos en condiciones normales de trabajo y en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo permanece durante un breve período de tiempo.

Los principios de seguridad a considerar serán:

- Se evitará en lo posible la ventilación y con ello el levantamiento de polvo.

- Mantenimiento de limpieza y recogida del polvo generado de forma periódica.

- Los equipos eléctricos estarán protegidos contra la entrada de polvo en el grado requerido:

- IP5x. Protección contra la entrada perjudicial de polvo.
- IP6x. Protección total contra la entrada de polvo.

- Las temperaturas superficiales máximas de trabajo de los equipos se limitará a $2/3$ de la TIN (temperatura de inflamación en nube) o a 745°C menos de la TIC (temperatura de inflamación en capa) para capas de 3 mm. Si son superiores se deberá disminuir dicha temperatura.

Equipos para zonas ATEX

Siempre que en el documento de protección contra explosiones basado en una evaluación de los riesgos no se disponga otra cosa (Vease) , 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.

Los equipos destinados a trabajos en estos tipos de atmósferas se agrupan según:

1. Aparatos Grupo I: Para trabajos en minas o en las instalaciones exteriores donde se puedan producir atmósferas explosivas.

a. Categoría M 1: Nivel de protección muy alto.

b. Categoría M2: Nivel de protección alto.

2. Aparatos Grupo II: Destinados al uso en otros lugares en los que puede haber peligro de formación de atmósferas explosivas.

a. Categoría 1: Nivel de protección muy alto.

b. Categoría 2: Nivel de protección alto.

c. Categoría 3: Nivel normal de protección.

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 o 2.

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

Dentro de los **Aparatos Grupo II:**

a. Categoría 1: Nivel de protección muy alto. Aun fallando un medio de protección, existe otro que sigue manteniendo el nivel de protección. 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. Los aparatos de esta categoría 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:

- o bien en caso de fallo de uno de los medios de protección, al menos un segundo medio independiente asegure el nivel de protección requerido,

- o bien en caso de que se produzcan fallos independientes el uno del otro, esté asegurado el nivel de protección requerido.

b. Categoría 2: Alto nivel de protección. Aseguran el nivel de protección en caso de perturbaciones frecuentes y fallos previsibles. 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.

c. Categoría 3: Nivel normal de protección. Aseguran el nivel de protección durante su funcionamiento normal. 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 que, con arreglo a toda probabilidad, su formación sea infrecuente y su presencia sea de corta duración.

En el apéndice 4 de la Guía Técnica del INSHT para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de las atmósferas explosivas en el lugar de trabajo, derivada del Real Decreto 681/2003, se presentan los principales elementos de interés para una adecuada selección y utilización de equipos para su uso en atmósferas explosivas, debiendo distinguir dos situaciones: equipos adquiridos con posterioridad al 30 de junio de 2003 (equipos certificados) y equipos adquiridos con anterioridad a dicha fecha (equipos no certificados).

• **EQUIPOS CERTIFICADOS**: desde el punto de vista práctico para el usuario, la aplicación de la legislación supone que el equipo cumple con los requisitos de seguridad y debe venir acompañado de una serie de elementos informativos que deben permitir una adecuada selección y utilización del mismo; estos elementos informativos se pueden concretar en dos aspectos: marcado y manual de instrucciones.

Con respecto a marcado hay dos elementos diferenciados:

1. Marcado de conformidad con la Directiva 94/9/CE. Deberán ir marcados los aparatos, pero también los sistemas de protección, componentes y material asociado.

Marcado de los aparatos:

	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

XXXX, es un número de cuatro dígitos identificativo del organismo notificado de control que intervenga en la fase de control de la fabricación.

Para aparatos del grupo II, tras la categoría se incluirá la letra G y/o D, conforme se indica a continuación:

- G, para aparatos a utilizar en atmósferas explosivas debidas a gases, vapores o nieblas.
- D, para aparatos a utilizar en atmósferas explosivas 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 asegura 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.

Así mismo, los sistemas de protección, componentes y material asociado también deberán ir marcados conforme a la legislación.

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

	Marca "CE"	Nº Org. Not.	Símbolo ATEX	Grupo	Símbolo de uso
Sistemas de protección autónomos		XXXX		II	G D GD

Debe entenderse por "componentes" las piezas que son esenciales para el funcionamiento seguro de los aparatos y sistemas de protección, pero que no tienen función autónoma. Según se indica en el apartado 3 del artículo 8 del RD 400/1996, estos elementos están exentos de la fijación del símbolo CE (pero sí deben llevar el número del organismo notificado que interviene en la fase de control de la producción, si es el caso).

	Nº Org. Not.	Símbolo ATEX	Grupo	Categoría	Símbolo de uso
Componentes para usos industriales distintos a la minería	XXXX		II	1 2 3	G D G/D

El material asociado, tal como dispositivos de seguridad, control y regulación, como, por ejemplo, las protecciones de sobre-intensidad 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, será también objeto del Real Decreto 400/1996. 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.

	Marca "CE"	Nº Org. Not.	Símbolo ATEX	Grupo	Categoría equipo asociado	Símbolo de uso
Material asociado		XXXX		II	(1)	G

2. Marcado normativo, complementario del anterior, y que está básicamente orientado a permitir una utilización segura del equipo (en términos de instalación, mantenimiento y uso), 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.

Esencialmente, se pueden distinguir dos tipos de marcado normativo, a saber:

A) Marcado de **equipos eléctricos** para uso en atmósferas explosivas: Se distingue entre material para atmósferas debidas a gases y vapores inflamables y las debidas a presencia de polvo inflamable. Existen una serie de marcas comunes a ambos tipos de equipos y otras específicas, conforme se indica a continuación:

- Marcas comunes EEx o Ex: es una redundancia heredada de las antiguas directivas (76/117/CEE y 82/130/CEE) que indica equipos destinados a atmósferas potencialmente explosivas. Con la adopción de las normas CEI de las series 60079 (gases) y 61241 (polvos) se está pasando paulatinamente del símbolo "EEx", propio de la serie de normas EN 500XX, al "Ex".

- 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, -35°C ≤ Ta ≤ 40°C). En caso de no ser posible este marcado especial, en su caso, 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.

- Marcas propias de material para atmósferas gaseosas:

- Símbolo del modo de protección: hace referencia al/a los modo/s de protección utilizados en la construcción del equipo. Los modos de protección posibles en equipos eléctricos para uso en atmósferas gaseosas y sus símbolos asociados son los que se indican a continuación:

Equipos eléctricos (gases)	
Modo	Símbolo
Envolvente antideflagrante	d
Presurización	p (px, py, pz)
Encapsulado	m (ma, mb)
Relleno pulverulento	q
Inmersión en aceite	o
Seguridad aumentada	e
Seguridad intrínseca (equipos)	i (ia, ib)
Modos simplificados Protección "n"	nA, nC, nR, nL

Debido a la complejidad del marcado, es mejor consultar la Guía Técnica del INSHT

Ver explicación final de los modos de protección utilizados en la construcción de equipos eléctricos.

- Símbolo del grupo del material eléctrico: Puede ser:
 - I: Para minas con grisú
 - II (IIA, IIB y IIC): Para el resto de emplazamientos. Las letras A, B y C aparecerán cuando sea necesario en relación con el grupo de gases, correspondiendo el grupo A a los gases menos inflamables y el C a los gases más inflamables.

Tipo de certificación	Grupo de gases de utilización
IIC	IIA, IIB, IIC
IIB	IIA, IIB
IIA	IIA

- Símbolo de la clase de temperatura: Hace referencia a la temperatura superficial máxima permitida para la clase térmica.

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

La temperatura superficial máxima marcada (la cual lleva implícitos unos determinados márgenes de seguridad) no debe exceder la menor temperatura de inflamación de las atmósferas explosivas implicadas.

- Marcas propias de material para uso en presencia de polvo inflamable:

- Símbolo del modo de protección:

Equipos eléctricos (povos)	
Modo	Símbolo
Envolvente	tD
Presurización	pD
Seguridad intrínseca	iaD ibD
Encapsulado	maD, mbD

- Indicación de la temperatura superficial máxima del equipo:
 - Para el caso de nubes de polvo, la temperatura superficial máxima del aparato no debe exceder las dos terceras partes de la temperatura de auto-ignición en °C de la mezcla polvo / aire en cuestión, esto es:
 $T_{\text{máx.}} = \frac{2}{3} T_{\text{cl}}$, donde T_{cl} es la temperatura de inflamación de la nube de polvo
 - Para el caso de capas de polvo de hasta 5 mm de espesor, la temperatura superficial máxima del aparato no debe exceder un valor de 75 K por debajo de la temperatura mínima de inflamación para una capa de 5 mm de espesor del polvo en cuestión, esto es:
 $T_{\text{máx}} = T_{5\text{mm}} - 75 \text{ K}$.
 Capas superiores a los 5 mm requerirán análisis particularizados.
 En el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (ITC-MIE-BT026), anterior al actual RD 842/2002, se utilizaba la nomenclatura TIN (temperatura de inflamación en

nube) y TIC (temperatura de inflamación en capa) con significado equivalente al arriba indicado.

- Símbolo del grado de protección (IP): El código IP se compone de dos dígitos. El primero de ellos hace referencia al grado de protección del equipo contra el ingreso de objetos extraños sólidos conforme a la siguiente escala:

Valor	Grado de estanqueidad
0	Sin protección
1	Protección contra objetos > 50 mm
2	Protección contra objetos > 12 mm
3	Protección contra objetos > 2,5 mm
4	Protección contra objetos > 1 mm
5	Protegido contra el polvo
6	Totalmente protegido contra el polvo

El segundo dígito hace referencia a la estanqueidad contra líquidos según una escala de 1 a 8 y, a efectos de prevención frente a atmósferas explosivas, resulta irrelevante (por lo que aquí se expresa con una X).

El material para uso en zona 22 debe ofrecer una estanqueidad mínima del tipo "Protegido contra el polvo", con lo cual vendrá marcado en la forma IP 5X.

Si el polvo es conductor, se exige IP 6X.

El material para uso en zona 20 o zona 21 debe ofrecer una estanqueidad mínima del tipo "Totalmente protegido contra el polvo", con lo cual vendrá marcado en la forma IP 6X.

B) Marcado de **equipos no eléctricos**

La principal diferencia respecto a los equipos eléctricos, aparte de la ausencia del símbolo EEx o Ex, estriba en los modos de protección.

Equipos mecánicos (no eléctricos)	
Modo	Símbolo
Envolvente de respiración restringida	fr
Envolvente antideflagrante	d
Seguridad inherente	g
Seguridad constructiva	c
Control de fuentes de ignición	b
Presurización	p
Inmersión en líquido	k

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.

• **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 documento de protección contra explosiones 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.

Teniendo en cuenta los niveles de protección ofrecidos por cada uno de los modos, los cuales 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.

Para el caso de **equipos eléctricos** estos modos aportan tres tipos diferentes de soluciones:

- a) Reducir la energía o impedir su aporte (en forma de chispas o arcos)
- b) Separar la fuente de energía de la atmósfera explosiva
- c) Confinar la explosión, controlando sus efectos

Los modos habitualmente utilizados en equipos fabricados con anterioridad al 30 de junio de 2003:

Equipos mecánicos	
Modo	Símbolo
Envolvente antideflagrante	d
Presurización	p
Encapsulado	m
Relleno pulverulento	q
Seguridad aumentada	e
Seguridad intrínseca (equipos)	i(a,b)
Seguridad intrínseca (sistemas)	SYS
Simplificación	(A/C/R)
Especial	s

La solución aportada por cada uno de ellos consiste en:

Solución	Modo de protección
Reducir energía	e, ia, ib, nA, nC
Separar fuente	p, m, q, o, nR, nC
Confinar explosión	d

Modos más adecuados de protección dependiendo de la zona:

Zona de riesgo	Modos más adecuados
Zona 0	ia
Zona 1	d, e, ia, ib, m, o, p, q
Zona 2	n

Para el caso de emplazamientos con polvo (zonas 20, 21 y 22) habrá que valorar la estanqueidad y la temperatura superficial máxima del equipo.

En el caso de equipos no eléctricos (equipos mecánicos), habrá que proceder a una adecuación por reconfiguración de los mismos.

Resumen Modos de protección de Equipos eléctricos aptos para zonas explosivas:

- **d = envoltente antideflagrante.** El equipo eléctrico está encerrado en el interior de una envoltente capaz de resistir la explosión y de no transmitir la inflamación al ambiente circundante, ni por sus juntas de unión, ni por otras comunicaciones.

- **e = seguridad aumentada.** Se basa en asegurar la no formación de arcos, chispas o sobrecalentamientos en aparatos, tomando: un coeficiente de seguridad elevado, bornes especiales inaflojables, aislantes de alta calidad y con un IP54 mínimo.

- **i = seguridad intrínseca.** Un aparato o circuito es intrínsecamente seguro cuando no sea capaz de producir chispas o efectos térmicos suficientes para provocar la inflamación de una atmósfera de gas determinada. Está indicado para instrumentación, ya que consiste en diseñar circuitos en baja tensión y reducir la intensidad tomando, además, en consideración los posibles defectos que puedan producirse y los almacenamientos de energía en condensadores, cables e inductancias.

- **p = sobrepresión interna.** Las máquinas o materiales eléctricos están provistos de una envoltente o instalados en una sala en la que se impide la entrada de los gases o vapores inflamables, manteniendo en su interior aire o un gas no inflamable, a una presión superior a la atmosférica exterior.

- **o = inmersión en aceite.** Se realiza de manera que no puedan inflamarse los gases o vapores inflamables que se hallen por encima del nivel de aceite y en el exterior de la envoltente.

- **q = aislante pulverulento.** Las partes bajo tensión del material eléctrico están completamente sumergidas en una masa de aislante pulverulento.

- **m = encapsulado.** Los elementos a proteger están encerrados en una resina, de tal manera que una atmósfera explosiva no pueda ser inflamada ni por chispas, ni por contacto partes calientes internas al encapsulado.

Fuentes de ignición

Para inflamar una atmósfera explosiva es necesaria la presencia de una fuente de ignición que proporcione la energía suficiente para producir la ignición de la mezcla inflamable. La energía mínima de inflamación (EMI) se determina en condiciones conocidas de presión, temperatura, turbulencias... que pueden, o no, coincidir con las condiciones ambientales del lugar de trabajo.

Hay que evitar cualquier fuente de ignición no controlada que esté o pueda estar presente en las áreas con riesgo de explosión independientemente de cuál sea su efectividad energética y la clasificación de la zona donde se presente.

Fuentes de ignición más comunes:

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.

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.

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.

Para el caso de equipos, hay que verificar el marcado de temperatura según se ha indicado en el apéndice 4 de la Guía de INSHT.

Llamas y gases calientes: las llamas aparecen con reacciones de combustión a temperaturas superiores a 1000°C. Además, como productos de reacción se obtienen gases a altas temperaturas y se pueden producir 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.

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. Estas chispas, a altas temperaturas, pueden inflamar la atmósfera explosiva.

La utilización de herramientas manuales 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:

1. Ignición por fricción de las herramientas entre sí o con otros materiales.

2. Ignición debida a una chispa de origen químico por el impacto entre ciertos metales y algunas sustancias que contienen oxígeno.

Aparatos eléctricos: los aparatos eléctricos pueden ser fuentes de ignición debido al calor que alcanzan sus superficies 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 universales.

El aumento de temperatura de los conductores se produce siempre que circula la energía eléctrica, el tipo de protección frente al riesgo de ignición de origen eléctrico está regulado en la ITC- BT -29 del REBT. Este mismo Reglamento indica que las conexiones y la instalación deben estar realizadas por personal cualificado.

Se verificará el marcado de los equipos eléctricos según se ha indicado en el apéndice 4 de la Guía del INSHT.

Reacciones exotérmicas y auto-ignición 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.

El calentamiento espontáneo se produce como consecuencia de reacciones de oxidación exotérmicas, generalmente lentas que se dan entre algunos materiales y el oxígeno del aire. También puede deberse a reacciones de oxidación de origen biológico.

Ondas electromagnéticas de radiofrecuencia de 10^4 Hz a 3×10^{12} Hz: todos los sistemas que producen y utilizan energías eléctricas de alta frecuencia o sistemas de radiofrecuencia (emisores de radio, generadores RF médicos o industriales para calentamiento, secado, endurecimiento, soldeo, oxicorte...) 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 3×10^{11} Hz a 3×10^{15} Hz: la radiación entre el infrarrojo y el ultravioleta puede ser también fuente de ignición. 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: los riesgos de ignición por electricidad estática se dan cuando se produce una descarga (en forma de chispas) como resultado de una acumulación de carga. Si no se consiguen disipar las cargas acumuladas, los materiales permanecerán cargados hasta que la tensión generada por la superficie cargada sea superior a la rigidez dieléctrica del medio en contacto con la misma, momento en que se producirá la descarga. Cada tipo de descarga se caracteriza por las situaciones y los materiales que las propician. Las descargas en las que se concentra una mayor energía y que son, por tanto, más peligrosas como fuentes de ignición, son las que se producen en forma de arco. Éstas pueden tener lugar en conductores aislados que han sufrido una acumulación de carga y que se descargan hacia otro conductor cercano. Las descargas desde cuerpos aislantes hacia conductores se producirán si la acumulación de carga electrostática en los primeros es muy elevada. En este caso, generalmente, la descarga se realiza en varios puntos simultáneamente adoptando la forma de cepillo o abanico. No obstante, la descarga de una superficie por un solo punto es la más peligrosa, al eliminar la totalidad de la energía superficial de forma conjunta. Por otra parte, las personas también pueden ser un vehículo para la disipación de cargas electrostáticas, bien sea porque las haya generado en su superficie, bien como receptor de las mismas desde otro cuerpo.

Medidas preventivas

Existen medidas organizativas, medidas para evitar que se produzca la atmósfera explosiva, para que se produzca la explosión y para atenuar los efectos si se produce.

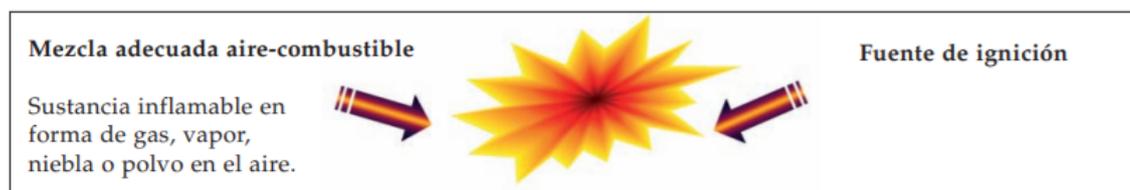
MEDIDAS A ADOPTAR FRENTE AL RIESGO DE EXPLOSIÓN	
MEDIDAS PREVENTIVAS	MEDIDAS DE PROTECCIÓN
Evitar la aparición de Atmósferas Explosivas	Atenuar los efectos de la explosión
Evitar la ignición de la Atmósfera Explosiva	

→ **Medidas organizativas:**

- reducir al mínimo el número de trabajadores expuestos al riesgo
- evitar la exposición de trabajadores al riesgo de explosión
- planificación del mantenimiento y las revisiones periódicas de equipos, instalaciones
- formación e información de los trabajadores
- instrucciones de trabajo por escrito y modos operativos de ejecución
- cualificación adecuada y suficiente de los trabajadores
- permisos de actividades con fuegos, llamas o cualquier otra fuente de ignición, validados por personal designado competente
- vestimenta de trabajo de materiales que no produzcan electricidad estática: 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.
- programa de limpieza
- realización de controles, supervisión y vigilancia de trabajos y/o zonas de riesgo
- señalización de las zonas de riesgo

MEDIDAS PREVENTIVAS:

→ **Medidas para evitar, limitar o controlar la atmósfera explosiva:**



- Actuación sobre las sustancias inflamables:
 - Eliminación o sustitución de la sustancia inflamable: utilizar sustancias menos volátiles, con menor tensión de vapor.

- Reducir la cantidad de sustancias peligrosas al mínimo de manera que la inflamación de la atmósfera explosiva no tendría consecuencias peligrosas.
- Actuar sobre la granulometría de los polvos combustibles: a mayor tamaño de grano, menor posibilidad de formación de atmósfera explosiva.
- Trabajar en procesos húmedos: humectación del polvo o utilización de productos pastosos en vez de pulverulentos.
- Actuación sobre la concentración de la mezcla combustible-aire:
 - Captación de vapores o polvos: extracción localizada lo más cerca posible del foco de emisión evitando así que los vapores y polvos inflamables se dispersen pudiendo alcanzar concentraciones peligrosas.
 - Ventilación general por dilución (válido para gases, vapores y nieblas): aportar una cantidad suficiente de aire limpio para diluir la atmósfera explosiva evitando que la concentración de inflamable alcance el LIE.
 - Limpieza frecuente de los depósitos de polvos: mediante aspiración, limpieza con paños húmedos de superficies o cualquier otra forma apropiada a la evaluación de riesgos, pero nunca con sistemas que pusiesen en suspensión el polvo, como equipos de barrido o soplado.
 - 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 inflamación.
- Actuación sobre los procesos: diseñar procesos que sean menos peligrosos o actuar de forma que se eviten o minimicen los escapes
 - Control de puntos vulnerables: control de escapes, conexiones
 - Segregación de procesos: aislar los procesos con emisión
 - Transporte interno seguro: por canalizaciones fijas, contenedores herméticos
 - Detección: control de las zonas de riesgo con sistemas de detección de gases

→ **Medidas para evitar el riesgo por las fuentes de ignición:**

- Actuación sobre el proceso:
 - Refrigeración
 - Separadores magnéticos, gravitatorios, cribados...: evitan las posibles chispas de origen mecánico
 - Calentamiento indirecto
 - Sistemas de control: gases, temperatura, presión...

- Actuación sobre los equipos y materiales a utilizar:
 - Equipos adecuados a la clasificación de la zona: herramientas manuales y equipos anti-chispa, puesta a tierra, conexiones equipotenciales
 - Mantenimiento específico: 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...

MEDIDAS DE PROTECCIÓN:

→ **Medidas para atenuar los efectos de la explosión:** La elección y diseño de estos sistemas deberá venir avalado por un estudio específico para cada instalación realizado por especialistas. Los sistemas que limiten los efectos de la explosión deben estar diseñados para mitigar o minimizar la explosión, evitando su propagación y/o controlando que la onda de presión no alcance un nivel peligroso.

- Dispositivos de descarga de la presión de explosión: dispositivos de alivio de presión fiables que protejan al sistema contra cualquier presión que sobrepase los límites marcados.
- Equipos resistentes a la explosión. Confinamiento de la explosión: diseñados para resistir la presión máxima de explosión y/o la onda de choque generada por la explosión, sufriendo deformaciones o no.
- Control de la onda de presión y del frente de llama: supresores de explosión. Impiden que se desarrollen altas presiones mediante la limitación y confinamiento de la llama en los primeros estadios de la explosión.
- Sistemas de control técnico. Sistema de aislamiento de explosiones:
 - Apagallamas
 - Esclusas rotativas
 - Válvulas de cierre rápido

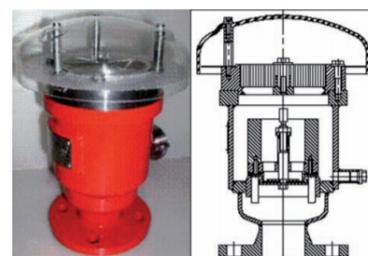
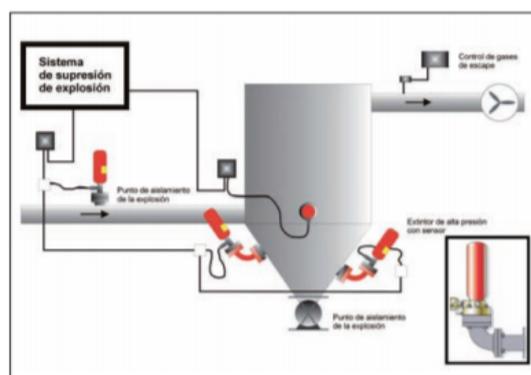


Figura 35 - Apagallamas de fin de línea con válvula presión-vacío incorporada para combustión prolongada.

- Actuación sobre la configuración de los locales:
- Alejamiento, separación de instalaciones, interposición de obstáculos
 - Diseño y construcción de los locales con materiales resistentes al fuego y a la onda de presión

Vease

Normativa

- La Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales
- 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 (Traspone de la Directiva 2014/34/UE, que recoge la aplicación o exención exigible a los aparatos y sistemas de protección para su uso en Atmósferas Explosivas (ATEX), 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 y deroga el Real Decreto 400/1996)
- Real Decreto 400/1996 relativo a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas (Trasposición de la Directiva 94/9/CE)
- Real Decreto 681/2003 sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de la presencia de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo (Trasposición de la Directiva 99/92/CE)
- Guía Técnica para la evaluación y prevención de riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo
- Directiva ATEX 2014/34/UE relativa a en los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas, traspuesta a la normativa española por el Real Decreto 144/2016.
- Directiva ATEX 99/92/CE sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores expuestos a riesgos derivados de la presencia de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo, traspuesta por el Real Decreto 681/2003.
- NTP 132: Válvulas antirretroceso de llama
- NTP 369: Atmósferas potencialmente explosivas: instalaciones eléctricas
- NTP 370: Atmósferas potencialmente explosivas: clasificación de emplazamientos de clase I
- NTP 396: Deflagraciones producidas por gases, vapores y polvos combustibles: sistemas de protección
- NTP 494: Soldadura eléctrica al arco: normas de seguridad
- NTP 768: Traspase de agentes químicos: medidas básicas de seguridad
- NTP 797: Riesgos asociados a la nanotecnología
- NTP 826: El documento de protección contra explosiones (DPCE)

- NTP 827: Electricidad estática en polvos combustibles (I): características de las descargas electrostáticas
- NTP 828: Electricidad estática en polvos combustibles (II): medidas de seguridad

FAQ's

1. ¿Qué es una explosión?

Por explosión se entiende la expansión violenta y rápida, de un determinado sistema de energía, que puede tener su origen en distintas formas de transformación (física o química), acompañada de un cambio de su energía potencial y generalmente seguida de una onda expansiva que actúa de forma destructiva sobre el recipiente o estructura que lo contiene. Se distinguen por lo tanto dos tipos de explosiones:

Físicas: motivadas por cambios bruscos en las condiciones de presión y/o temperatura, que originan una sobrepresión capaz de romper las paredes del recipiente que lo contiene.

Químicas: motivadas por reacciones químicas violentas, por deflagración o detonación de gases, vapores o polvos o por descomposición de sustancias explosivas.

2. ¿Qué medidas preventivas y de protección se deben aplicar en una zona con riesgo de ATEX?

En primer lugar, evitar la aparición de atmósferas explosivas: dentro de ellas se pueden encontrar la sustitución de materias combustibles, la limitación de la concentración de polvo, o la inertización.

En segundo lugar, evitar la ignición de la atmósfera explosiva: 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.

Por último, atenuar los efectos de la explosión: dispositivos de descarga de la presión, equipos resistentes a la explosión- confinamiento...

Estas medidas se deben completar con medidas organizativas: instrucciones por escrito, señalización, formación, programas de limpieza.

3. ¿Qué es el Documento de Protección contra Explosiones?

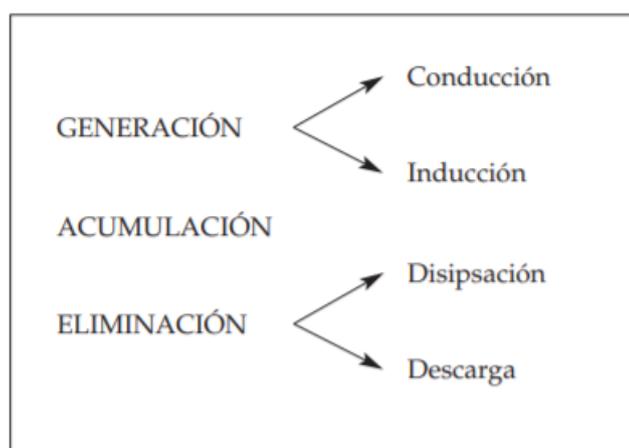
El documento de protección contra explosiones (DPCE) es una recopilación de las actuaciones preventivas realizadas por la empresa que tiene por objeto reflejar el conjunto de medidas adoptadas para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo de explosión. Es obligación del empresario evaluar los riesgos y adoptar las medidas preventivas y de protección precisas para evitar daños a los trabajadores. Concretamente este Real Decreto 681/2003 exige la evaluación de los riesgos de explosión en su artículo 4, la clasificación de zonas de acuerdo con el anexo I y la adopción de las medidas oportunas indicadas en el anexo II.

4. ¿Qué es la electricidad estática y cómo se produce?

Los cuerpos están formados por átomos, que a su vez están compuestos del mismo número de cargas negativas (electrones) y positivas (protones), es decir, son eléctricamente neutros. Cuando se produce un movimiento relativo entre las superficies de dos materiales diferentes, sean éstos sólidos, líquidos o gaseosos, se genera energía suficiente para permitir la transferencia de electrones de un material a otro. La polarización de estas superficies produce un desequilibrio temporal en la distribución de las cargas en la superficie de

los dos materiales creando un campo eléctrico y una diferencia de potencial que puede ser muy elevada. Este efecto será tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia de conductividad eléctrica entre ambas superficies. Estos materiales, al quedar cargados positiva o negativamente, tienden a neutralizarse cuando se ponen en contacto con un cuerpo conductor, produciéndose una descarga en forma de chispas.

La cantidad de energía transferida determina la peligrosidad de una descarga y se manifiesta en forma de chispa de ruptura de la rigidez dieléctrica del medio aislante existente, normalmente el aire, entre las superficies cargadas.



La **generación** de electricidad estática se puede producir por conducción o por inducción. La conducción es el mecanismo más habitual de generación de electricidad estática y se produce mediante la fricción entre dos materiales diferentes que se han puesto en contacto.

También se pueden producir cargas estáticas mediante el fenómeno de la inducción electrostática, que consiste en un reordenamiento superficial de las cargas de un material cuando éste se aproxima a otro que está cargado electrostáticamente. Como resultado, la distribución inicial de cargas del cuerpo neutro se altera, apareciendo cargas eléctricas inducidas.

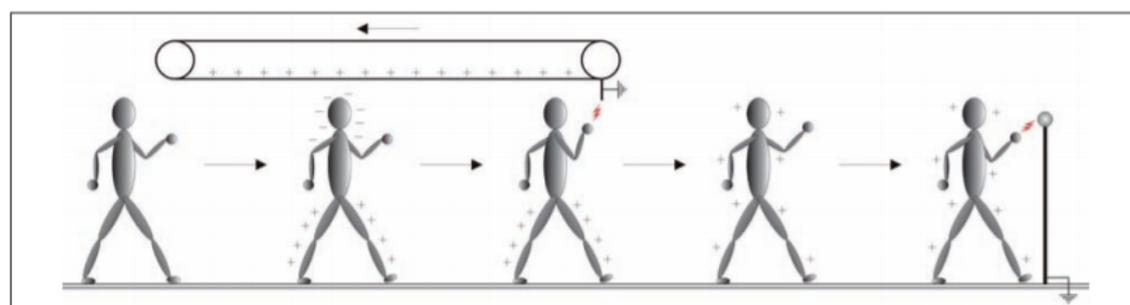


Figura 45 - Inducción electrostática.

Tanto por procesos de conducción como de inducción, la **acumulación** de cargas estáticas se puede producir tanto en materiales no conductores (plásticos, caucho, tejidos sintéticos de trabajadores o del local de trabajo, etc.) como en materiales conductores aislados eléctricamente de tierra y de cualquier otro material (productos, equipos, conductos, recipientes, herramientas, etc.). Siempre que las cargas electrostáticas generadas no tengan una vía eléctricamente válida para moverse, ya sea entre materiales o a tierra, quedarán acumuladas en el material donde se han generado.

La **eliminación** de la electricidad estática acumulada se puede producir por disipación o por descarga.

La disipación de cargas estáticas consiste en la redistribución de las mismas en los cuerpos que han sufrido un desequilibrio previo. El mecanismo y, sobre todo, la velocidad a la que se produce la disipación de cargas dependen esencialmente de la conductividad entre el cuerpo cargado y/o su camino a tierra, ya sea por conexión directa con tierra, ya sea a través de otro cuerpo conductor conectado a su vez a tierra.

Si no se consiguen disipar las cargas acumuladas, los materiales permanecerán cargados hasta que la tensión generada por la superficie cargada sea superior a la rigidez dieléctrica del medio en contacto con la misma, momento en que se producirá la descarga.

Las descargas en las que se concentra una mayor energía y que son, por tanto, más peligrosas como fuentes de ignición, son las que se producen en forma de arco. La descarga de una superficie por un solo punto es la más peligrosa, al eliminar la totalidad de la energía superficial de forma conjunta.

5. ¿Qué medidas preventivas existen para evitar las descargas en los trabajadores?

El cuerpo humano es un buen conductor de la corriente eléctrica, ya que está compuesto en su mayor parte por agua.

La generación y acumulación de cargas electrostáticas en las personas depende de:

- a. Su movimiento en el entorno.
- b. Su contacto con cuerpos susceptibles de cargarse (conducción) o la proximidad de campos eléctricos generados por cuerpos cargados (inducción).
- c. Sus características físicas (estado de humedad de la piel, sudoración, etc.).
- d. La humedad relativa del aire ambiente. Una humedad relativa baja puede propiciar la acumulación de varios kilovoltios de potencial electrostático en un material.
- e. La naturaleza de la vestimenta: la ropa de fibras sintéticas y los guantes o calzado aislantes (goma, plástico) favorecen la acumulación de cargas, ya que son materiales con baja conductividad eléctrica. Las situaciones potencialmente más peligrosas se producen cuando la vestimenta exterior es de tejidos de lana, seda o fibras sintéticas.
- f. Un suelo construido o revestido con materiales aislantes favorece la generación y acumulación de cargas estáticas por el mismo motivo.

Las descargas desde o hacia personas pueden suceder de cualquiera de estas formas:

- entre una persona en contacto con tierra y un cuerpo conductor o aislante que estén cargados;
- entre una persona cargada y un conductor conectado a tierra;
- entre una persona cargada y un conductor aislado.

Para evitar la generación y/o acumulación de cargas electrostáticas la clave está en propiciar la disipación de las cargas.

Las medidas preventivas que se pueden tomar son las siguientes:

- a. Ropa y calzado de protección antiestática. El calzado puede ser antiestático o conductor. El antiestático es adecuado para el uso

general y el conductor no. El antiestático vendrá marcado con la letra A y el conductor con la letra C. La ropa irá marcada con el pictograma de protección contra la electricidad estática junto con la referencia a la norma específica.

UNE-EN 1149 (parte 1 o 3)



En general se recomienda utilizar calzado y ropa antiestáticos en las zonas 1 y 21 ya que, habitualmente, no se trabaja en las zonas 0 y 20. Respecto a las zonas 2 y 22, la necesidad de utilizar calzado y ropa con propiedades disipativas estará en función de las condiciones específicas del puesto de trabajo. Siempre hay que tener presente la situación en la que sea necesario el paso de una a otra zona en cuyo caso la protección a llevar será la indicada por la máxima situación de riesgo.

- b. Puesta a tierra y conexión equipotencial de todas las superficies conductoras: para que esta medida sea efectiva, se requiere que la resistencia de tierra del conjunto no supere el valor de $1\text{ M}\Omega$, en general. La conexión equipotencial se consigue mediante la interconexión mediante un conductor, de todas las superficies conductoras, estando a su vez el conjunto conectado a tierra.



- c. Aumento de la conductividad de materiales. Esto se puede lograr por aumento de la humedad relativa del aire hasta valores no inferiores al 60% (mediante humidificadores o sistemas de aire acondicionado) o por tratamiento superficial al agregar productos antiestáticos para cubrir los materiales.
- d. Empleo de ionizadores de aire: para aumentar la conductividad del aire y que éste sea capaz de disipar las cargas electrostáticas que se puedan generar
- e. Empleo de materiales o productos antiestáticos: como plásticos y cintas de material impregnado de partículas conductoras para embalajes, adhesivos, bolsas, brochas y pinceles para operaciones de limpieza, mobiliario antiestático, etc.
- f. Reducción de la velocidad relativa entre superficies en rozamiento: cuanto menor sea la velocidad relativa entre dos superficies, el calentamiento por rozamiento será menor y, por tanto, también se reducirá la excitación atómica de los materiales y su capacidad de cesión o admisión de carga electrostática.
- g. Control de la velocidad de paso de materiales por conductos, cintas, etc
- h. 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.

- i. Instalación de medios conductores de descargas electrostáticas para las personas: 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.