

ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS

EN CENTROS DE TRABAJO



ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS EN CENTROS DE TRABAJO

APLICACIÓN DEL REAL DECRETO 681/2003, SOBRE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS, EN INDUSTRIAS CON TRABAJOS DE SOLDADURA EN SU PROCESO PRODUCTIVO

ÍNDICE

	<i>Página</i>
0 INTRODUCCIÓN.	5
1 NORMATIVA “ATEX”.	12
1.1. Antecedentes y Objeto.	13
1.2. Conceptos y Parámetros de medida.	17
1.2.1. Conceptos y características.	17
1.2.2. Parámetros de medida.	21
1.3. Alcance.	30
1.3.1. Sectores y Procesos incluidos.	31
1.3.2. Sectores y Procesos no incluidos.	35
1.4. Explosión. Evaluación del riesgo.	36
1.4.1. Probabilidad.	39
1.4.2. Consecuencias. Efecto “Dominó”	49

1.5.	Zonas ATEX.	53
1.5.1.	Clasificación.	54
1.6.	Medidas Preventivas y de Protección.	63
1.6.1.	Medidas Técnicas contra explosiones.	64
1.6.2.	Medidas Organizativas.	97
1.7.	Equipos de Trabajo.	106
1.7.1.	Requerimientos.	113
1.7.2.	Montaje y Emplazamiento.	127
1.8.	Señalización.	128
1.8.1.	Señalización de zonas ATEX.	128
1.8.2.	Señalización de seguridad y salud de puestos de trabajo.	130
1.8.3.	Señalización de elementos a presión.	133
1.8.4.	Señalización normalizada de gases en botellas.	135
1.8.5.	Etiquetado de productos peligrosos.	137
1.9.	Coordinación de actividades.	161
1.9.1.	Objetivos.	162
1.9.2.	Modalidades de Coordinación.	163
1.9.3.	Medios humanos y materiales.	169
1.9.4.	Designación del Coordinador de actividades preventivas.	170
1.9.5.	Colaboración segura.	171
1.10	Documento de Protección Contra Explosiones.	173
1.10.1	Contenido.	174
1.10.2.	Elaboración del documento.	174
1.10.3.	Estructura.	176

2	PROCESOS DE SOLDADURA.	184
2.1.	Introducción.	185
2.1.1.	Concepto.	186
2.1.2.	Uniones soldadas y corte.	187
2.2.	Sistemas y Procesos de soldadura.	191
2.2.1.	Soldadura Eléctrica.	192
2.2.2.	Soldadura a Gas.	241
2.2.3.	Soldadura por Resistencia.	248
2.2.4.	Soldadura por Rayo de Energía.	260
2.2.5.	Soldadura en Estado Sólido.	279
3	APLICACIÓN DEL R.D. 681/2003 EN PUESTOS DE OPERACIONES DE SOLDADURA.	292
3.1.	Introducción.	293
3.2.	Clasificación e identificación de zonas ATEX.	299
3.2.1.	Atmósferas Explosivas en forma de gases, vapores o nieblas inflamables.	302
3.2.2.	Atmósferas Explosivas en forma de polvo o partículas sólidas inflamables.	303
3.3.	Evaluación de Riesgos de explosión en los diferentes procesos de soldadura.	304
3.3.1.	Probabilidad de explosión y activación de fuentes de ignición.	306
3.4.	Medidas de protección en presencia de zonas ATEX.	318
3.4.1.	Procesos de soldadura de origen eléctrico.	319
3.4.2.	Procesos de soldadura con llamas y gases calientes.	329

4 ANEXO.

342

4.1. DPCE en actividades industriales de soldadura

343

0. INTRODUCCIÓN

Introducción

¿Qué es una zona ATEX?

¿En qué industrias se pueden encontrar zonas clasificadas como atmósferas explosivas según la vigente normativa ATEX?

¿Qué acciones debe llevar a cabo el empresario frente a la existencia de zonas ATEX en su industria?

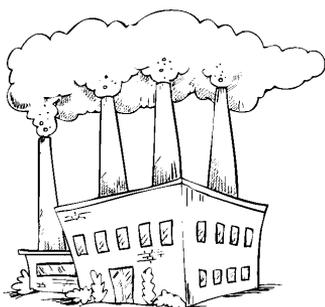


Hoy en día, en la mayoría de las industrias y en muchos de sus procesos productivos, puede existir la posibilidad de que se forme una atmósfera explosiva. En el momento de pensar en atmósferas explosivas, por lo general, imaginamos una industria que maneja productos altamente peligrosos, como combustibles, gases, hidrocarburos, explosivos, etc..

Si pensamos únicamente, en ese tipo de industrias, estamos totalmente equivocados. Las atmósferas explosivas están presentes en la mayoría de procesos de fabricación y transformación, a priori, más simples.

Podemos encontrar atmósferas explosivas en la industria agropecuaria (fertilizantes, abonos...), en la industria maderera (serrines y virutas ...), en talleres especializados en pintura, industrias petroquímicas, industrias transformadoras de plástico, industria química, laboratorios farmacéuticos, industria textil (fibras), refinerías, en industrias del metal (aluminio, hierro ...), industrias con silos de cereales, harineras, industria grafica (disolventes...), en simples almacenes de distribución.

Debido a esto, en las zonas en las cuales existe este riesgo, tanto los equipos de trabajo (maquinaria, herramientas, útiles, instalaciones, etc...) como las personas que desarrollan allí su trabajo diario, (operarios, técnicos, directivos, subcontratas, etc...), deben garantizar un adecuado nivel de protección de la seguridad y salud de éstos, frente a los riesgos derivados de las condiciones del trabajo.



En cuanto a los *equipos de trabajo*, los **fabricantes** están totalmente implicados (Directiva 1994/9/CE, R.D. 400/1996), existiendo en el mercado soluciones ATEX para cada necesidad de la empresa, como por ejemplo: motores certificados ATEX, luces ATEX, presostatos ATEX, equipos de aire acondicionado, termostatos certificados ATEX, sensores finales de carrera, correas antiestáticas, exposímetros, teléfonos móviles, actuadores lineales ATEX, actuadores ATEX rotativos de 90°, cajas eléctricas, pinturas especiales antiestáticas, ventiladores certificados ATEX, extractores certificados ATEX, cables calefactores ATEX certificados, etc...

En lo referente a garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, (Directiva 1999/92/CE, R.D. 681/2003) el empresario deberá cumplir todo lo referente a:

- » Garantizar la prevención y protección contra explosiones.
- » Evaluar los riesgos específicos que surgen de atmósferas potencialmente explosivas.
- » Coordinar todos los trabajos que se desarrollen en Zonas con Riesgo de Explosión.

- » Clasificar las Zonas con Riesgo de Explosión (Zonificación).
- » Elaborar y mantener un “Documento de Protección contra Explosiones” (DPE).
- » Señalizar los lugares donde la atmósfera explosiva pueda encontrarse en cantidades peligrosas.

En definitiva, tal y como marca la vigente Ley 31/1995 PRL, disponer la medidas y medios técnicos necesarios para eliminar, y si no es posible, disminuir o minimizar los riesgos derivados de la presencia de atmósferas explosivas en los lugares de trabajo. Así mismo, deberá formar, informar y consultar a los trabajadores en materias de prevención y actuación frente a posibles riesgos.



Entre las medidas más habituales encontramos: realización de informes técnicos ATEX, evaluaciones de riesgos de los diferentes puestos afectados, realización de planes de emergencia y autoprotección, elaboración de procedimientos, permisos o autorizaciones para trabajos en lugares y condiciones de especial riesgo, puesta en marcha de medidas de Protección Colectiva (señalización, protección, ventilación, aislamiento, inhibición,...), dotar a los trabajadores de los Equipos de Protección Individual necesarios, etc...

El presente estudio, trata de explicar de manera clara y sencilla, cómo aplicar la actual normativa en materia de atmósferas explosivas, en

empresas en las que las *operaciones de soldadura* forman parte de su proceso de fabricación.

Soldar y cortar son actividades peligrosas que representan una combinación única de riesgos, tanto para la seguridad como para la salud de miles de trabajadores en una amplia gama de industrias. Sólo el riesgo de lesiones mortales es mayor de cuatro muertes por cada mil trabajadores durante su vida laboral.

Para proteger al trabajador, al desempeñar operaciones de soldadura, hay que comprender los riesgos que implican y las medidas preventivas para su control. El control de los riesgos de soldar incluye el evitar lesiones en los ojos, la protección respiratoria, ventilación del área de trabajo, ropa protectora y equipos seguros.

La soldadura es un proceso que une piezas de metal mediante el uso del calor, presión o ambas cosas a la vez. Hay más de 80 tipos diferentes de procesos asociados con la soldadura.



Algunos de los tipos más comunes de soldar incluyen: soldadura al arco, que incluye el soldar con electrodo (SMAW), la soldadura al arco en atmósfera de gases de blindaje (MIG), y con arco de tungsteno (TIG), la soldadura al arco con plasma, y la soldadura al arco sumergido (SAW).

Otros procesos de soldadura utilizan gas (oxi-acetileno), corriente eléctrica, láser, rayos de electrones, fricción, ultrasonidos, reacciones químicas o calor de gases combustibles, y robots.



La soldadura con latón implica el empleo de un metal de relleno o una aleación (combinación de metales), con un punto de fusión más bajo que las piezas metálicas que se van a unir. Los materiales de relleno (tales como el plomo y el cadmio) pueden ser muy tóxicos.

El corte implica el calentamiento del metal con una llama y la aplicación de un chorro de oxígeno puro por la línea que se va a cortar.

Uno de los principales riesgos que conllevan las operaciones de soldadura y corte, es el de **INCENDIO Y EXPLOSIÓN**, debido al calor intenso y las chispas producidas durante el proceso, cuando existen materiales inflamables o combustibles en el área de trabajo



La soldadura y el corte con soplete, utilizan un gas combustible y oxígeno para producir el calor necesario (comburente). Para la soldadura con gas de alta presión, ambos, tanto el oxígeno como el gas combustible (acetileno, hidrógeno, propano, etc.) que se suministra al soplete, se almacenan en bombonas o cilindros a presión.

El uso de bombonas o cilindros de gas comprimido, representa algunos riesgos especiales al soldador. El acetileno, concretamente, es muy explosivo. Debe usarse solamente con ventilación adecuada y un sistema o programa de detección de fugas.



El oxígeno, por sí solo, ni arde ni explota. Sin embargo, en presencia de altas concentraciones de oxígeno, muchos materiales que no arden con facilidad (tales como polvo, grasa, o aceite) se quemarán o explotarán fácilmente.

I. NORMATIVA “ATEX”

1.1.- Antecedentes y Objeto.

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, dejando al desarrollo de normas reglamentarias la fijación de las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores.

Dentro del concepto general de la protección de la seguridad y salud de los trabajadores, ocupa un lugar destacado la protección de los mismos frente a los riesgos de explosiones, debido a los graves efectos que pueden causar.

Siempre nos han conmocionado las grandes catástrofes ocurridas en el mundo. Entre éstas se encuentran las producidas por explosiones en las industrias como en el caso de, Texas City (EEUU) en 1947; Cubatao (Brasil) en 1984; Bhopal (India) en 1984; Acha Ufa (Rusia) en 1989; Toulouse (Francia) en 2001 y Hertfordsire (Gran Bretaña) en 2005 que han generado miles de muertos en total, pérdidas millonarias y daños verdaderamente graves para el medio ambiente.

En la Unión Europea cada año se producen más de 2000 explosiones de polvo o gas como consecuencia de su almacenamiento, manipulación y elaboración con materiales combustibles.

El riesgo de explosión, ya sea debida a gases/vapores inflamables o a polvos combustibles se da en los más diversos y variados procesos,

afectando a múltiples sectores como pueden ser el agroalimentario, fabricación de muebles y procesado de maderas, textil, químico, reciclado, energético, biomasa, petroquímico, etc.

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



En este marco, las Directivas ATEX (ATmósferas EXplosivas) establecen las medidas necesarias para garantizar la seguridad frente a las explosiones. Como ATEX se conoce al *conjunto de Directivas Europeas que regulan las atmósferas potencialmente explosivas*.

Las Directivas Europeas han sido traspuestas a los derechos nacionales de los estados miembros, y son de obligado cumplimiento.

La protección de los trabajadores contra los riesgos que presenta el trabajar en una atmósfera explosiva está regulado actualmente en España por dos Reales Decretos:

- El **Real Decreto 400/1996**, de 1 de marzo, dicta las disposiciones de aplicación de la **Directiva** del Parlamento Europeo y del Consejo **1994/9/CE**, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas (BOE nº 85, de 8 de abril). Hace referencia a los aparatos y

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

- El **Real Decreto 681/2003**, de 12 de junio, dicta las disposiciones de aplicación de la **Directiva** del Parlamento Europeo y del Consejo **1999/92/CE**, relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo (BOE nº 145, de 18 de junio). Fija como elementos relevantes la obligatoriedad de los empresarios de clasificar las áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas, la evaluación de los riesgos de explosión y la elaboración del Documento de Protección Contra Explosiones.

Podríamos decir de una manera sencilla, que el R.D. 400/1996, afecta de manera directa a los fabricantes de maquinaria y equipos de trabajo mientras que el R.D. 681/2003 lo hace sobre los usuarios (empresario).

El presente estudio contempla, en los siguientes capítulos, una serie de actuaciones de carácter obligatorio, que el empresario debe llevar a cabo, como son: evaluar los riesgos de explosión, clasificar en zonas las áreas en las que puedan formarse atmósferas explosivas, prevenir las explosiones y proteger a los trabajadores contra éstas mediante diferentes medidas de

carácter técnico u organizativo, coordinar cuando en un mismo lugar de trabajo se encuentren trabajadores de varias empresas, elaborar un documento de protección contra explosiones; con la finalidad de prevenir las explosiones y de proteger la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas.

1.2.- Conceptos y Parámetros de medida.

1.2.1.- Conceptos relacionados.

Aire: mezcla de gases que constituye la atmósfera terrestre. En proporciones ligeramente variables, está compuesto por nitrógeno (78%), oxígeno (21%), vapor de agua (0'7%), ozono, dióxido de carbono, hidrógeno y gases nobles como criptón y argón; es decir, 1% de otras sustancias.

Área de riesgo: Zona en la que pueden formarse atmósferas explosivas, en cantidades tales que, resulte necesaria la adopción de precauciones y medidas especiales para proteger la seguridad y la salud de los trabajadores afectados.

Atmósfera explosiva: la mezcla del aire, en condiciones atmosféricas, con sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, en las que, tras una ignición (energía de activación), la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada.

Atmósfera potencialmente explosiva: es aquella que puede convertirse en explosiva debido a circunstancias puntuales, locales y de funcionamiento.

Comburente: sustancia que participa en la combustión oxidando al combustible (siendo reducido por este último). El comburente es

cualquier sustancia que en ciertas condiciones de temperatura y presión puede combinarse con un combustible, provocando la combustión. El oxígeno es el comburente por excelencia, encontrándose normalmente en el aire, con una concentración porcentual aproximada del 21%. Todos los comburentes tienen en su composición oxígeno disponible, ya sea en forma de oxígeno molecular, como se ha dicho, o bien como oxígeno que ceden en el momento de la combustión. Para que se produzca la combustión es necesaria la presencia de una proporción mínima de oxígeno, que por regla general va de un 15% hasta en casos extremos de un 5%.

Combustible: cualquier material capaz de liberar energía cuando se oxida de forma violenta con desprendimiento de calor poco a poco. Supone la liberación de energía de su forma potencial (energía de enlace) a una forma de energía utilizable, sea directamente energía térmica o energía mecánica (motores) dejando como residuo calor (energía térmica), dióxido de carbono y algún otro compuesto químico. En general se trata de sustancias susceptibles de quemarse.

Los combustibles pueden ser sólidos y fluidos (líquidos y gaseosos).

Combustión: es una reacción química de oxidación, en la que se desprende una gran cantidad de energía, en forma de calor y luz, manifestándose visualmente como fuego. En toda combustión existe un elemento que arde (combustible) y otro que produce la combustión (comburente), generalmente oxígeno en forma de O₂ gaseoso, iniciándose mediante la aplicación de una energía de activación (calor).

Energía de activación (ignición): es la energía que necesita un sistema antes de poder iniciar un determinado proceso. La energía de activación suele utilizarse para denominar la energía mínima necesaria para que se produzca una reacción química dada. En la combustión de una sustancia, por sí solos, el combustible y el comburente no producen fuego, es necesario un primer aporte de energía para iniciar una combustión auto sostenida. Una pequeña cantidad de calor aportada puede bastar para que se desencadene una combustión, haciendo la energía calórica aportada las veces de energía de activación.

Explosión: liberación brusca y simultánea de energía calórica, luminosa y sonora (y posiblemente de otros tipos) en un intervalo de tiempo ínfimo.

La potencia de una explosión es proporcional al tiempo requerido y su orden de magnitud se mide en giga vatios. Los orígenes de las explosiones son de dos clases:

- Físicos: mecánicos (choques de elementos móviles), electromagnéticos (rayos) o neumáticos (presiones y gases).
- Químicos: reacciones de cinética rápida.

Una explosión causa ondas de presión en los alrededores donde se produce. Las explosiones, en función de la velocidad de propagación de dichas ondas, se pueden clasificar en dos tipos:

- Deflagraciones: cuando la velocidad del frente de ondas avanzando es inferior a la velocidad del sonido (subsónicas). El tiempo que dura es finito, entre 100 y 200 milisegundos.
- Detonaciones: cuando la velocidad del frente de ondas (de choque) supera la del sonido (supersónicas).

El efecto destructivo de una explosión se debe, precisamente, a la potencia de la detonación que produce ondas de choque o diferencias de presión subyacentes de duración muy corta, extremadamente bruscas.



Para que una explosión se produzca, deben coincidir la existencia de una atmósfera explosiva y un foco de ignición (energía de activación).

Esto requiere el cumplimiento de tres condiciones simultáneas:

- 1ª) Existencia de una sustancia combustible (gases, vapores, polvos o nieblas)
- 2ª) Existencia de un comburente (oxígeno del aire) en un intervalo de concentración determinado
- 3ª) La presencia de una fuente energética de capaz de iniciar la reacción

Eliminar una o más de las anteriores condiciones, conlleva eliminar la posibilidad de explosión.

En el caso de explosiones ocurridas en instalaciones y equipos industriales, el calor y la presión son retenidos en su interior, sometiéndoles a sollicitaciones para las cuales no han sido diseñados, con el resultado final de su destrucción.

Sustancias inflamables: son aquellas capaces de formar una mezcla con el aire, en concentraciones tales que las haga formar una llama, espontáneamente o por la acción de una chispa. La concentración de dicha mezcla se considera equivalente al *límite inferior de inflamabilidad*. Una sustancia es considerada como inflamable, cuando posee un *punto de inflamación* menor a 60 °C, una *presión de vapor absoluta* que no exceda de 2'81 Kg/cm² y *temperatura de ebullición* de 37.8 °C.

1.2.2.- Parámetros de medida normalmente utilizados.

A continuación, pasaremos a detallar algunos de los parámetros que intervendrán en posteriores procesos de cálculo, necesarios a la hora de evaluar y cuantificar los riesgos identificados.

➤ **Características de combustión:**

Se deben determinar las características de la mezcla de la sustancia inflamable con el aire. Son datos a tener en cuenta, por ejemplo:

- El punto de ignición;
- Los límites de explosividad (LIE, LSE);
- La concentración límite en oxígeno (CLO).

➤ **Características de ignición:**

Se deben determinar las características de la ignición de la atmósfera explosiva. Son datos a tener en cuenta, por ejemplo:

- La energía mínima de ignición;
- La temperatura mínima de ignición de una atmósfera explosiva;
- La temperatura mínima de ignición de una capa de polvo.

➤ **Comportamiento de la explosión:**

El comportamiento de la atmósfera explosiva después de la ignición se debe caracterizar por datos tales como:

- La presión máxima de explosión ($p_{\text{máx}}$);
- La velocidad máxima de incremento de la presión de explosión ($(dp/dt)_{\text{máx}}$);
- El intersticio experimental máximo de seguridad (IEMS).

Podemos distinguir entre dos tipos de atmósferas explosivas, en función de su composición:

- Atmósferas Explosivas originadas por la presencia de gases, vapores o nieblas inflamables.
- Atmósferas Explosivas originadas por la presencia de polvos o partículas sólidas en suspensión, combustibles.

1.2.2.A.- ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS ORIGINADAS POR DILUCIÓN EN AIRE DE GASES, VAPORES O NIEBLAS INFLAMABLES.

Los parámetros básicos que influyen sobre el riesgo de explosión, es este supuesto, son:

Límites de explosividad

Para que se forme una atmósfera explosiva, la concentración de gases, vapores o nieblas inflamables en aire debe de estar dentro

de un determinado rango, delimitado por los Límites inferiores y superiores 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.

Estos límites se suelen expresar en porcentajes de volumen del gas o vapor en el volumen de la mezcla.

Si se pretende que una determinada mezcla de gases o vapores inflamables en aire no produzca una atmósfera explosiva, habrá que mantener la concentración de éstos bien por debajo del LIE o por encima del LSE.

Se suele emplear la primera opción, utilizando medios adecuados de ventilación o extracción, para el exterior de las instalaciones (salas de bombas o compresores, cabinas de pintura, túneles de secado, etc...).

La segunda opción se suele utilizar en el interior de los equipos (tanque o depósitos, reactores, tuberías, etc), bien porque los vapores o gases inflamables ocupan la mayor parte o la totalidad del volumen del equipo, o porque se desplaza el aire con un gas inerte.

Temperatura de inflamación o punto de destello

Es la temperatura mínima, en condiciones normales de presión, a la cual se desprende la suficiente cantidad de vapores para que se produzca la inflamación mediante la aportación de un foco de ignición externo. Es decir es la temperatura mínima a la que se alcanza el LIE, sobre la superficie del producto.

Temperatura de ignición o de auto ignición

Es la temperatura mínima, para la que un producto, combustiona de forma espontánea. Esta característica de las sustancias, limita la temperatura máxima de la superficie de los equipos eléctricos que pueden entrar en contacto con ella.

Temperatura máxima superficial

Es la temperatura máxima alcanzada, en servicio y en las condiciones más desfavorables (aunque dentro de las tolerancias), por cualquier pieza o superficie del material eléctrico que pueda producir la ignición de la atmósfera circundante.

Energía mínima de inflamación

Es la energía mínima necesaria para conseguir la inflamación de la atmósfera, con una determinada concentración.

Este parámetro es importante en el modo de protección denominado seguridad intrínseca.

Intersticio experimental máximo de seguridad

El IEMS se define como el máximo intersticio (espacio o hueco), de una junta de 25 mm de longitud, que impide toda transmisión de una explosión al realizar 10 ensayos en el aparato normalizado de ensayo.

Este parámetro está directamente relacionado con el modo de protección antideflagrante.

1.2.2.B.- ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS ORIGINADAS POR LA PRESENCIA EN AIRE DE POLVOS O PARTÍCULAS SÓLIDAS EN SUSPENSIÓN, COMBUSTIBLES.

Los parámetros básicos que influyen sobre el riesgo de explosión, es este supuesto, son:

Concentración mínima de explosión

Cantidad mínima de polvo suspendido en un volumen dado para la que se puede producir la ignición y propagación de la llama.

Se expresa en unidades de masa por volumen y es el parámetro equivalente al LIE para gases.

La concentración mínima de explosión depende, entre otros factores, del tamaño medio de las partículas, disminuyendo su valor con el tamaño.

Temperatura mínima de ignición a nube (TIN)

Es la temperatura más baja a la cual, una suspensión de polvo en el aire, produce espontáneamente la ignición y propagación de la llama. Depende fundamentalmente de la turbulencia del polvo, la cual influye sobre el tiempo de contacto con la superficie caliente.

Este parámetro está directamente relacionado con el riesgo de incendio y explosión por contacto con superficies calientes de equipos y aparatos eléctricos.

Temperatura mínima de ignición en capa (TIC)

Es la temperatura mínima de una superficie caliente a la que el polvo depositado sobre ella puede inflamarse. Depende, entre otros factores, del espesor de la capa; una disminución de éste

favorece la evacuación de calor, necesitando mayor temperatura de ignición.

Energía mínima de ignición (EMI)

Es la energía mínima de una chispa, capaz de producir la ignición de un polvo en suspensión en el aire. Su valor se determina mediante chispas eléctricas y varía en función del tipo de polvo y del tamaño de éste.

Concentración máxima de oxígeno permitida para prevenir la ignición

Es la concentración máxima de oxígeno que puede existir, para que no se produzca la explosión de una suspensión de polvo combustible.

Es necesario conocerla en un sistema de prevención que incluya el uso de un gas inerte.

Presión máxima de explosión

Es la presión máxima alcanzada en el aparato de ensayo correspondiente. Este parámetro define la resistencia requerida para soportar la explosión de un producto determinado.

Gradiente máximo de presión

Nos define la velocidad de crecimiento de la presión, dándonos una idea (junto con el parámetro anterior), de la gravedad y violencia de la explosión.

1.3.- Alcance.

La normativa ATEX es de aplicación, para TODAS las empresas en las que la manipulación de sustancias inflamables puede dar lugar a la formación de Atmósferas Explosivas peligrosas y que, por ello, están expuestas al riesgo de explosión.

A efectos de aplicación de las presentes prescripciones, se consideran emplazamientos con riesgo de explosión, todos aquellos en los que se fabriquen, procesen, manipulen, traten, utilicen o almacenen sustancias sólidas, líquidas o gaseosas susceptibles de inflamarse o de hacer explosión.

Los riesgos de explosión hacen su aparición en cualquier empresa en la que se manipulen sustancias inflamables. Entre éstas figuran numerosas materias primas, productos intermedios, productos acabados y materias residuales de los procesos de trabajo cotidianos. El riesgo de generación de una atmósfera explosiva, ya sea debida a gases/vapores inflamables o a polvos, se dan en los más diversos y variados procesos de trabajo, por lo que afecta a casi todos los sectores de actividad industrial.

1.3.1.- Procesos industriales incluidos en el R.D. 681/2003.

Como procesos industriales, afectados por el riesgo de explosión, se incluyen:

a) Elaboración de productos Químicos y Farmacéuticos.

En la industria química se transforman y emplean gases, líquidos y sólidos inflamables en multitud de procesos. En estos procesos pueden formarse mezclas explosivas. En la producción farmacéutica a menudo se emplean alcoholes como disolventes. También pueden utilizarse sustancias sólidas activas y auxiliares explosivas, por ejemplo lactosa, vitaminas, paracetamol, etc.

b) Procesado de Derivados del Petróleo.

Los hidrocarburos manejados en las refinerías e industrias de proceso de derivados del petróleo, son todos ellos inflamables y, según su punto de inflamación, pueden provocar atmósferas explosivas incluso a temperatura ambiente. El entorno de los equipos de transformación petrolífera casi siempre se considera zona con riesgo de explosión.

c) Depuración de aguas residuales

Los gases de digestión generados en el tratamiento de aguas residuales en depuradoras pueden formar mezclas explosivas gas/aire.

Los lodos secos, resultantes de dicho proceso, también son explosivos.

d) Transporte, Distribución y Suministro de gases.

Pueden producirse escapes de gas por fugas o roturas, dando lugar a la formación de mezclas explosivas gas/aire.

e) Manufactura de la Madera.

En el procesado de piezas de madera se generan polvos de madera (serrines) que pueden dar lugar a mezclas explosivas polvo/aire en lugares como filtros o silos. Así mismo, pueden almacenarse gran cantidad de sustancias inflamables como colas, pegamentos, tintes, lacas y barnices, con alto riesgo de explosión.

f) Procesos de Pintura y Esmaltado

Las neblinas originadas por pulverización, que se forman en los procesos de pintado o esmaltado de superficies con pistolas o robots de aplicación en cabinas o líneas cerradas, al igual que los vapores de disolventes liberados, pueden provocar la aparición de atmósferas explosivas en contacto con el aire. Del mismo modo, los pigmentos pulverulentos pueden ser muy explosivos.

h) Procesos en el sector agropecuario.

En algunas explotaciones agrícolas se utilizan instalaciones de generación de biogás y compostaje. En caso de fugas, pueden formarse mezclas explosivas biogás/aire. Las deshidratadoras de forraje, descascarilladoras de almendra y otras instalaciones similares, se generan atmósferas explosivas.

i) Procesos de Fundición, Conformado, Mecanización, Mantenimiento y Montaje de materiales, piezas, instalaciones y estructuras metálicas.

La utilización de hornos de fundición, provoca la aparición de gases y o vapores durante el proceso, que es necesario controlar. De la misma manera, el empleo de combustibles líquidos o gases para producir la energía calórica necesaria al proceso, pueden provocar explosiones por fugas o escapes. En la mecanización de piezas de moldeo metálicas, los tratamientos superficiales (amolado) pueden generar polvos metálicos explosivos, sobre todo en el caso de metales ligeros (Aluminio, Magnesio, etc.). En lo relativo a mantenimiento o montaje de instalaciones o estructuras metálicas, los procesos de uniones soldadas o corte de elementos realizados en entornos potencialmente peligrosos, pueden generar la energía de activación suficiente para producir una explosión.

j) Procesado y Elaboración de alimentos.

El transporte y almacenamiento de harinas, granos y derivados pueden generar polvos explosivos. Si éstos se aspiran y separan por filtración, pueden crear una atmósfera explosiva en el filtro.

k) Producción de energía.

Con el transporte, la molienda y el secado de carbones troceados, no explosivos por su tamaño, se generan polvos de carbón que sí pueden formar mezclas explosivas polvo/aire. Las biomásas y otros combustibles sólidos son explosivos. La refrigeración con H₂ de los alternadores implica riesgo de explosión.

l) Instalaciones para almacenamiento de vertidos urbanos e industriales.

En los vertederos pueden formarse gases inflamables. Para evitar que éstos escapen de manera incontrolada y puedan llegar a encenderse, se requieren importantes medidas técnicas. La acumulación de residuos sólidos urbanos, genera polvo explosivo.

m) Procesos de Reciclado de residuos.

El tratamiento de residuos reciclables puede entrañar riesgos de explosión por envases no vaciados por completo de su contenido de gases o líquidos inflamables o por polvos de papel o materias plásticas.

1.3.2.- Procesos industriales NO incluidos en el R.D. 681/2003.

Como procesos o actividades, afectadas por el riesgo de explosión, que no se incluyen o no se ven afectadas por esta norma, se contemplan:

- i. Áreas sanitarias utilizadas para el tratamiento médico de pacientes.
- ii. Utilización reglamentaria de los aparatos de gas (a presión) conforme a su normativa específica.
- iii. Fabricación, manipulación, utilización, almacenamiento y transporte de explosivos o sustancias químicamente inestables.
- iv. Industrias de extracción por sondeos y a cielo abierto o subterráneas, tal como se definen en su normativa específica.
- v. 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.

1.4.- Explosión. Evaluación del riesgo.

Recordar que, el riesgo de explosión, puede estar presente en muchas de las actividades realizadas en el mundo laboral, y puede ser debido a tres motivos fundamentales:

- a. Utilización de materiales explosivos,
- b. Presencia de gases, vapores, nieblas o nubes de polvos en el aire que pueden crear una atmósfera potencialmente explosiva.
- c. Existencia de recipientes, depósitos, tuberías, etc, sometidos a presiones elevadas que, por esta causa, puedan reventar.

Una Evaluación de Riesgos, incluye los siguientes elementos:

- Identificación de los mismos.
- Determinar si se puede producir una atmósfera explosiva y el volumen implicado.
- Determinar la presencia y la posibilidad de que existan fuentes de energía, que sean capaces de producir la ignición de la atmósfera explosiva.
- Determinar los efectos posibles de una explosión.
- Valorar el riesgo;

- Establecer las medidas preventivas necesarias para reducirlo o minimizarlo.

Para evaluar los riesgos de explosión, puede resultar plenamente válida la aplicación de metodologías simples, siempre que se adapten a la problemática de las instalaciones industriales y al objetivo final de dicha evaluación, que no es otro que, el de corregir aquellas situaciones o circunstancias que se consideren inadmisibles y controlar aquellas otras que se encuentren en situación aceptable.

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

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

- I. Un elevado grado de dispersión de las sustancias inflamables.
- II. Una concentración de las sustancias inflamables en oxígeno dentro de sus límites de explosividad combinados.
- III. Un volumen peligroso de atmósfera explosiva.
- IV. Una fuente de ignición efectiva.

La evaluación de riesgos está relacionada evidentemente con la clasificación de áreas y se deberá tener en cuenta la posibilidad de presencia y activación de potenciales focos de ignición o activación de la explosión.

La evaluación del riesgo se debe hacer siempre para cada caso particular, en función del puesto de trabajo, del proceso productivo empleado y del comportamiento de los trabajadores en el desarrollo de los trabajos ordinarios, sin olvidar las operaciones de *mantenimiento o reparación*.

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

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

Es preciso comprobar la eficacia de las medidas de protección adoptadas. A tal efecto, deberán tenerse en cuenta todos los estados operativos y todas las situaciones (incluso las poco frecuentes). Sólo podrá renunciarse a

medidas adicionales si se impide con seguridad la aparición de una atmósfera explosiva peligrosa.

A fin de establecer prioridades para la eliminación, minimización y control del riesgo, es necesario disponer de metodologías para su evaluación. En todo caso siempre hemos de llegar a poder definir los dos conceptos clave de la evaluación, que son:

1. La probabilidad de que determinados factores de riesgo se materialicen en daños, y
2. Las consecuencias (magnitud de los daños).

Probabilidad y consecuencias son los dos factores cuyo producto determina el riesgo, que se define como el conjunto de daños esperados por unidad de tiempo. La probabilidad y las consecuencias deben necesariamente ser cuantificadas para valorar de una manera objetiva el riesgo de explosión.

1.4.1.- Probabilidad.

Entenderemos por probabilidad, la posibilidad (baja, media o alta) de que se materialice un determinado riesgo, en nuestro caso, el de explosión.

Con respecto al tema que nos afecta, distinguiremos tres aspectos fundamentales a la hora de cuantificar la probabilidad:

- 1) la probabilidad de FORMACIÓN y DURACIÓN de las atmósferas explosivas.

- 2) la probabilidad de PRESENCIA y ACTIVACIÓN de potenciales focos de ignición en dichas áreas, incluidas las descargas electrostáticas,
- 3) la probabilidad de INTERACCIÓN entre las instalaciones, las sustancias utilizadas y los procesos industriales.

1.4.1.1.- PROBABILIDAD DE FORMACIÓN Y DURACIÓN DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS.

La creación de una atmósfera explosiva depende de los factores siguientes:

- la presencia de una sustancia inflamable,
- el grado de dispersión de la sustancia inflamable (por ejemplo, gases, vapores, nieblas, polvos),
- la concentración de la sustancia inflamable en el aire dentro del rango de explosión,
- el volumen de atmósfera explosiva suficientemente para dar lugar a lesiones o daños por la ignición.

Para que se forme una explosión, es necesaria la presencia de sustancias inflamables en el proceso de trabajo o producción.

En otras palabras, que como mínimo haya una sustancia inflamable empleada como materia básica o materia auxiliar, producida como producto residual, intermedio o acabado, o

generada como consecuencia de un disfuncionamiento corriente de la instalación.

De una manera general, deben considerarse *inflamables* todas las sustancias capaces de sufrir una reacción de oxidación. Esto incluye:

- Todas las sustancias que con arreglo al Reglamento 1272/2008 CLP (UE) de clasificación de la peligrosidad, están marcadas como:
 - inflamables (H221, H223, H226, H228),
 - fácilmente inflamables (H225) o,
 - extremadamente inflamables (H220, H224, H242, H250).
- Todas las demás sustancias y preparaciones (aún) sin clasificar pero que cumplen los correspondientes criterios de inflamabilidad o que, en general, deben considerarse inflamables.

Gases y mezclas de gases inflamables:

- » Gas licuado (butano, buteno, propano, propeno)
- » Gas natural
- » Gases de combustión (p.ej. monóxido de carbono o metano)
- » Sustancias químicas gaseosas (p.ej. acetileno, óxido de etilénico o cloruro de vinilo)

Líquidos inflamables:

- » Disolventes
- » Carburantes
- » Crudos de petróleo
- » Aceites combustibles
- » Aceites lubricantes
- » Aceites usados
- » Lacas
- » Sustancias químicas hidrosolubles y no hidrosolubles

Polvos de sólidos inflamables:

- » Carbón
- » Madera
- » Alimentos para consumo humano o animal (azúcar, harina, cereales, etc...)
- » Materias sintéticas
- » Metales
- » Productos químicos

Si se alcanza el necesario grado de dispersión y al mismo tiempo la concentración de sustancias inflamables en el aire se halla dentro de sus límites de explosividad, se está en presencia de una atmósfera potencialmente explosiva.

Se deberán tener en cuenta las siguientes propiedades de las sustancias y sus posibles estados de elaboración, en función de las circunstancias:

En gases y mezclas de gases inflamables:

- Los límites de explosividad inferior y superior
- Las concentraciones máximas (en su caso, también las mínimas) de sustancias inflamables generadas o reinantes durante la manipulación.

En líquidos inflamables:

- Los límites de explosividad inferior y superior de los vapores
- El límite de explosividad inferior de las nieblas
- El punto de ignición
- La temperatura de elaboración o ambiental
- La forma de trabajar con un líquido (p.ej. pulverización, inyección y dispersión de un chorro líquido, evaporación y condensación)
- Utilización de un líquido con presiones elevadas (p.ej. en sistemas hidráulicos)
- Las concentraciones máximas (en su caso, también las mínimas) de sustancias inflamables generadas o

reinantes durante la manipulación de éstas (sólo en el interior de aparatos o instalaciones)

En polvos de sustancias sólidas inflamables:

- Presencia o formación de mezclas polvo/aire o de depósitos de polvo. Ejemplos: molienda o cribado; transporte, llenado o vaciado; secado.
- Las concentraciones máximas de sustancias inflamables generadas o reinantes durante la manipulación de éstas en comparación con el límite inferior de explosividad.
- Límites de explosividad inferior y superior.
- Composición granulométrica (importa la granulometría inferior a 500 μm), humedad, punto de carbonización.

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

En gases y vapores:

- Densidad relativa respecto del aire, pues cuanto mayor sea el peso de los gases y vapores, tanto más deprisa descenderán y se irán mezclando progresivamente con el aire disponible, para acabar estancados en fosas, hoyos, canales y pozos.
- El más mínimo movimiento del aire (corriente natural, caminar de personas, convección térmica), puede acelerar considerablemente la mezcla con el aire.

En líquidos y nieblas:

- Índice de evaporación, que determina la cantidad de atmósfera explosiva que va a formarse a una temperatura dada.
- Tamaño del área de evaporación y temperatura de trabajo, p.ej. en la nebulización o inyección de líquidos.
- Sobrepresión que provoca la liberación de líquidos pulverizados en el ambiente y la formación de nieblas explosivas.

En polvos:

- Aparición de polvo levantado, p.ej. en filtros, durante el transporte en recipientes, en puntos de trasiego o en el interior de secadores.
- Formación de depósitos de polvo, especialmente en superficies horizontales o ligeramente inclinadas, y arremolinamiento de polvos.
- Granulometría.

También deben tenerse en cuenta las circunstancias locales y operativas siguientes:

- Modo de manipulación de las sustancias con confinamiento hermético de gases, líquidos y polvo o en aparatos abiertos, p.ej. en la carga y el vaciado.
- Posibilidad de derrame de sustancias por válvulas, compuertas, conexiones de tubería, etc.
- Condiciones de aportación y extracción de aire y otros aspectos de la configuración del local.
- Cabe prever la presencia de sustancias o mezclas combustibles sobre todo allí donde no llega la ventilación como, p.ej. en zonas no ventiladas situadas por debajo del nivel del suelo como fosas, canales y pozos.

1.4.1.2.- PROBABILIDAD DE PRESENCIA Y ACTIVACIÓN DE FUENTES DE IGNICIÓN.

Se deberán analizar, no sólo las fuentes de ignición de origen eléctrico, sino también las de tipo mecánico, así como las motivadas por la electricidad estática, tanto de origen en los procesos que se desarrollen, como en la ropa de trabajo del personal, así como las derivadas de puntos calientes y las que tienen su origen en lo que podríamos denominar comportamientos humanos (trabajos de mantenimiento, fundamentalmente).

Las fuentes de ignición a considerar serán, según la norma EN 1127-1 son las siguientes:

- Superficies calientes
- Llamas y gases calientes
- Chispas generadas de forma mecánica
- Chispas eléctricas
- Corrientes eléctricas de dispersión
- Protección contra la corrosión catódica
- Electricidad estática
- Rayos
- Campos electromagnéticos
- Radiaciones electromagnéticas
- Radiaciones ionizantes

- Ultrasónicos
- Ondas de choque de compresión adiabática
- Flujos de gas y reacciones químicas

Las fuentes de ignición se deberían clasificar de acuerdo con la probabilidad de que aparezcan, de la manera siguiente:

- a) Fuentes de ignición que pueden aparecer constante o frecuentemente;
- b) Fuentes de ignición que pueden aparecer en circunstancias poco frecuentes;
- c) Fuentes de ignición que pueden aparecer en circunstancias esporádicas o muy raras.

1.4.1.3.- PROBABILIDAD DE INTERACCIÓN ENTRE LAS INSTALACIONES, LAS SUSTANCIAS EMPLEADAS Y LOS PROCESOS INDUSTRIALES.

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

- los equipos de trabajo utilizados,
- las características constructivas
- las materias utilizadas,
- las condiciones de trabajo y de los procedimientos y

- las posibles interacciones de estos elementos entre sí y con el entorno de trabajo.

Al valorar instalaciones nuevas o existentes deben tenerse en cuenta los estados operativos siguientes:

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

El proceso de valoración debe referirse siempre a cada caso concreto y no puede generalizarse.

Se requiere una *evaluación individual* para cada proceso de trabajo o producción, así como para cada régimen de funcionamiento de una instalación y su modificación.

1.4.2.- Consecuencias.

Habitualmente, se consideran cuatro niveles para la clasificación de las consecuencias (NC):

- Mortal o Catastrófico
- Muy Grave

- Grave
- Leve

Nivel de Consecuencias	NC	Descripción	
		Daños Personales	Daños Materiales
Mortal o Catastrófico	100	Una víctima mortal o más	Destrucción total de la instalación (Difícil recuperación)
Muy Grave	60	Lesiones graves que pueden resultar irreparables	Destrucción parcial de la instalación (Muy costosa recuperación)
Grave	25	Lesiones con incapacidad laboral transitoria	Requieren paros del proceso productivo para repararlos
Leve	10	Pequeñas lesiones que no requieren hospitalización	Reparables sin necesidad de parar el proceso

Del mismo modo, es necesario establecer dentro de cada nivel, un doble significado; por un lado, se categorizan los daños físicos y, por otro, los daños materiales, tal y como indica la tabla anterior.

Ambos significados deben ser considerados independientemente, dando mayor prioridad a los daños a personas que a los daños materiales.

En el caso de producirse una explosión, se deberán tener en cuenta los posibles efectos de:

➤ llamas,

- radiación térmica,
- ondas de presión,
- proyección de fragmentos,
- emisiones peligrosas de sustancias.

Si la atmósfera explosiva contiene diferentes tipos de gases, vapores, nieblas o polvos inflamables, deberán tenerse debidamente en cuenta en la valoración de los riesgos de explosión. Los efectos de la explosión pueden ser considerablemente mayores.

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

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

Es importante tener en cuenta el denominado "Efecto dominó", que según el R.D 1196/2003, de 19 de septiembre, se define como la concatenación o sucesión de efectos causantes de riesgo que *multiplica las consecuencias*, debido a que los fenómenos peligrosos pueden afectar, además de los elementos vulnerables exteriores, a otros recipientes, tuberías o equipos del mismo establecimiento o de otros establecimientos próximos, de tal manera que se produzca una

nueva fuga, incendio o explosión en ellos, que a su vez vuelven a provocar nuevos fenómenos peligrosos.

Éste fenómeno tiene su origen en sobrepresiones, radiaciones térmicas, emanaciones de sustancias peligrosas y proyecciones de fragmentos como consecuencia de una explosión.

Podemos hablar de efecto dominó intra-establecimiento, cuando únicamente afecta a las instalaciones de la industria objeto de evaluación, o extra-establecimiento, si puede afectar a industrias situadas en los alrededores.

1.5.- Zonas ATEX.

Son aquellas áreas o lugares situados en el interior o exterior de instalaciones industriales, en las que pueden formarse atmósferas explosivas. La clasificación de estas áreas, es una técnica de análisis de riesgos que nos ayuda a determinar el alcance del riesgo de una instalación frente a una explosión, ya sea en la fase de diseño de la industria, como en las diferentes operaciones realizadas en las mismas

Las áreas de riesgo se clasificarán en zonas teniendo en cuenta la mayor o menor frecuencia con la que se produzcan atmósferas explosivas y su duración. De esta clasificación dependerá el alcance de las medidas que deban adoptarse.

A efectos de esta clasificación, se entenderá por:

Áreas de riesgo: aquellas 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.

Áreas que no presentan riesgos: aquellas en las que no cabe esperar la formación de atmósferas explosivas en cantidades

tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales.

Condiciones normales de explotación: la utilización de las instalaciones de acuerdo con sus especificaciones técnicas de funcionamiento.

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.

1.5.1.- Clasificación.

Las áreas con riesgo de explosión se clasifican en función de la sustancia tratada o almacenada, ya que para cada uno de ellos, el riesgo de explosión adquiere unas características propias.

1.5.1.1.- ZONAS PARA GASES Y VAPORES.

Como emplazamientos peligrosos, a menos que el proyectista justifique que no existe el correspondiente riesgo de explosión, se encuentran entre otros:

- lugares donde se trasvasan líquidos volátiles inflamables,
- garajes y talleres de reparación de vehículos,
- interiores de cabinas de pintura donde se utilizan pistolas de pulverización,
- zonas próximas a los locales en las que se realizan operaciones de pintado por cualquier sistema, cuando en los mismos se emplean disolventes inflamables,
- los secaderos o los compartimentos para la evaporación de disolventes inflamables,
- locales con depósitos de líquidos inflamables abiertos o que se puedan abrir,
- locales en que existan extractores de grasas y aceites que utilicen disolventes inflamables,
- los lugares de las lavanderías y tintorerías en los que se empleen líquidos inflamables,
- instalaciones donde se produzcan, manipulen, almacenen o consuman gases inflamables,
- salas de bombas y/o compresores para gases o líquidos inflamables,
- los interiores de refrigeradores y congeladores en los que se almacenan materias inflamables en recipientes

abiertos, fácilmente perforables o con cierres poco consistentes.

La clasificación de zonas, según indica la normativa, queda de la siguiente manera:

I. 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*, por un período de *tiempo prolongado*, o *con mucha frecuencia*.

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

II. 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.

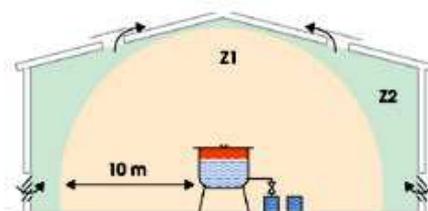
Ejemplo: Se incluyen aquí:

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

III. 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*.

Ejemplo: como **zona 2** pueden incluirse, en otras:



- áreas que rodean las zonas 0 ó 1.

1.5.1.1.- ZONAS PARA POLVOS O PARTÍCULAS SÓLIDAS EN SUSPENSIÓN.

A menos que el proyectista justifique que no existe el correspondiente riesgo de explosión, entre los emplazamientos peligrosos se encuentran los siguientes:

- zonas de trabajo en plantas de manipulación y almacenamiento de cereales,
- las salas que contienen molinos, pulverizadores, limpiadoras, descascarilladoras, transportadores o bocas de descarga, depósitos o tolvas, mezcladores, basculas automáticas o de tolva, empaquetadoras, cúpulas o bases de elevadores, distribuidores, colectores de polvo o de productos (excepto los colectores totalmente metálicos con ventilación al exterior) y otras máquinas o equipos similares productores de polvo en instalaciones de tratamiento de grano, de almidón, de molturación de heno, de fertilizantes, etc...,
- plantas de pulverización de carbón, manipulación y utilización subsiguiente,
- plantas de coquización,
- plantas de producción y manipulación de azufre,

- zonas de trabajo en las que se producen, procesan, manipulan, empaquetan o almacenan polvos metálicos de materiales ligeros,
- zonas de tratamiento de textiles como algodón, etc.,
- los almacenes y muelles de expedición, donde los materiales productores de polvo se almacenan o manipulan en sacos o contenedores,
- los demás emplazamiento similares en los que pueda estar presente en el aire y en condiciones normales de servicio, polvo combustible en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o inflamables.
- otros ejemplos de materiales que originan polvo combustible son el aluminio, magnesio, titanio, vanadio, antimonio, azufre, ajo, almendra, arroz, azúcar, cacao, celulosa, esparto, resina, etc.

La clasificación de zonas, según indica la normativa, queda de la siguiente manera:

I. 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 *mucha frecuencia*.

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

II. 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.

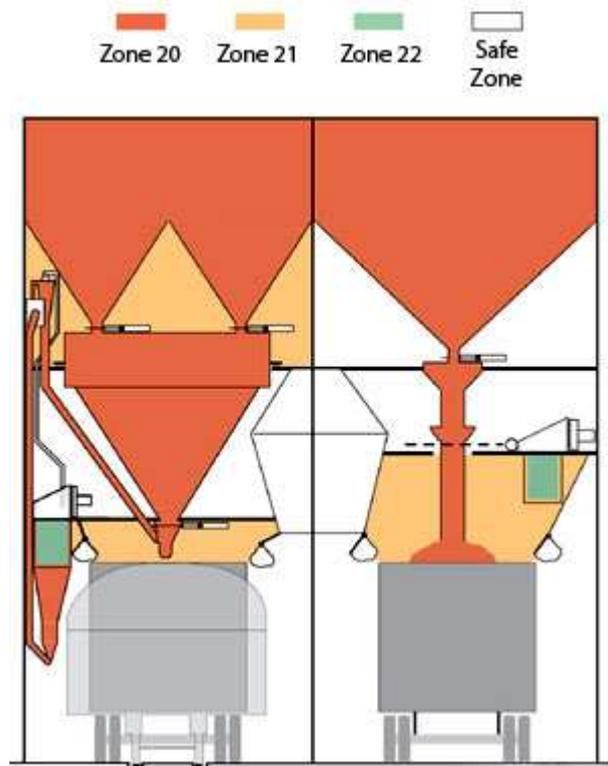
Ejemplo: se incluyen aquí, entre otras áreas, las situadas en el entorno inmediato de estaciones de desempolvado o puestos de trasiego y zonas en las que se forman capas de polvo y en las que, en condiciones normales de explotación, ocasionalmente se forman concentraciones explosivas de polvo inflamable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

III. 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.

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



Como orientación para dicha clasificación se podría utilizar la siguiente tabla:

ZONA		PRESENCIA DE ATMÓSFERA EXPLOSIVA
GAS	POLVO	
0	20	De manera permanente o durante largos períodos > 1000 horas/año
1	21	Ocasionalmente 10 – 1000 horas/año
2	22	Raras veces o durante períodos cortos < 10 horas/año

IMPORTANTE:

- No constituyen *áreas de riesgo*, aquellas en las que se transportan sustancias inflamables únicamente por tuberías que siempre se mantienen *técnicamente estancas*.
- El polvo inflamable depositado, entraña un potencial de explosión considerable. Los depósitos de polvo pueden acumularse en cualquier superficie de un área de trabajo. El polvo depositado puede quedar en suspensión a consecuencia de una explosión primaria y provocar gran número de explosiones en cadena de efectos devastadores.

1.6.- Medidas Preventivas y de Protección.

Cuando existe la posibilidad de que se forme una atmósfera explosiva peligrosa, es necesario adoptar medidas de carácter preventivo y de protección, tanto *técnicas* como *organizativas*, contra explosiones. El riesgo de explosión se puede eliminar o reducir, aplicando este tipo de medidas, por separado o mediante una combinación de ambas.

El primer objetivo consiste en intentar prevenir la aparición de una atmósfera explosiva. Cuando no sea posible eliminar por entero la posibilidad de formación de atmósferas explosivas peligrosas, deberán adoptarse medidas para evitar la presencia de fuentes de ignición efectivas.

De no ser altamente improbable la aparición simultánea de atmósferas explosivas peligrosas y de fuentes de ignición efectivas, también se requerirán medidas de protección constructivas, unidas a medidas organizativas.

Estas medidas de carácter técnico y/u organizativo deben ser revisadas periódicamente y, en cualquier caso, siempre que se produzcan cambios significativos.

En resumen, las diferentes medidas, su carácter y objetivo final, pueden verse reflejadas en el siguiente cuadro:

MEDIDAS	CARÁCTER	OBJETIVO
TÉCNICAS	PREVENTIVO	Impedir la formación de atmósferas explosivas.
		Impedir la ignición de atmósferas explosivas.
	PROTECCIÓN	Atenuar las consecuencias de una explosión hasta niveles aceptables.
ORGANIZATIVAS	PREVENTIVO	Información y formación de los trabajadores afectados.
		Elaboración de procedimientos de trabajo seguros.

1.6.1.- Medidas Técnicas contra explosiones.

Se entiende por medidas técnicas (tanto preventivas como de protección) contra explosiones, todas aquellas que:

1. Impiden la formación de atmósferas explosivas peligrosas,

2. Evitan la ignición de atmósferas explosivas peligrosas o
3. Atenúan los efectos de explosiones hasta asegurar la salud y seguridad de los trabajadores.

1.6.1.1.- PREVENIR LA APARICIÓN DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS PELIGROSAS.

La prevención de atmósferas explosivas peligrosas debe ser **prioritaria** frente a la utilización del resto de medidas. Eliminar la posibilidad de aparición de una atmósfera explosiva, conlleva la desaparición del riesgo de explosión.

1.6.1.1.1.- Sustitución de sustancias inflamables.

La formación de atmósferas explosivas peligrosas puede prevenirse evitando o reduciendo el uso de sustancias inflamables.

Ejemplos:

- Sustituir productos disolventes o de limpieza inflamables, por soluciones acuosas.

- Aumentar el tamaño de partícula de las sustancias utilizadas, de manera que no puedan formarse mezclas explosivas.
- Humectación del polvo o la utilización de productos pastosos, de manera que no pueda producirse una suspensión de polvo.

1.6.1.1.2.- Limitación de la concentración.

Los gases y polvos sólo tienen capacidad de explosión dentro de ciertos límites de concentración en mezcla con aire. En determinadas condiciones operativas y ambientales es posible mantenerse fuera de estos límites de explosividad. En este caso, no habrá riesgo de explosión si se garantiza el cumplimiento seguro de estas condiciones. En recipientes e instalaciones cerradas suele resultar relativamente fácil mantener la concentración de gases y vapores fuera de los límites de explosividad.

1.6.1.1.3.- Inertización.

La formación de atmósferas explosivas peligrosas puede evitarse, diluyendo el oxígeno del aire o mezclando el combustible, con sustancias que no sean químicamente reactivas (sustancias inertes), lo que se denomina inertización.

Aspectos a tener en cuenta para el dimensionado de esta medida de seguridad son:

- Conocer la concentración máxima de oxígeno (la concentración límite en oxígeno) o la concentración máxima admisible de combustible.
- Prever un margen de seguridad amplio, si existe la posibilidad de que la concentración de oxígeno varíe con rapidez o difiera mucho en distintas partes de la instalación.
- Considerar los posibles fallos de manipulación y defectos en los equipos.
- Considerar el lapso de tiempo necesario para que surtan efecto las medidas de protección o las funciones de emergencia tras su accionamiento.

Ejemplo:

- Como sustancias inertes gaseosas suelen emplearse nitrógeno, dióxido de carbono, gases nobles, gases de combustión y vapor de agua.
- Como sustancias inertes pulverulentas cabe citar, por ejemplo, el sulfato de cal, el fosfato amónico, el bicarbonato sódico, la cal natural en polvo, etc.

1.6.1.1.4.- Prevenir o reducir la aparición de atmósferas explosivas en las inmediaciones de las instalaciones.

La formación de una atmósfera explosiva peligrosa fuera de instalaciones debería prevenirse en la medida de lo posible mediante:

- Utilización de instalaciones cerradas (aislamiento hermético de las partes de la instalación).
- Diseño de instalaciones adecuado en condiciones de funcionamiento previsible (mantenimiento periódico).

Si no resulta posible prevenir la fuga de sustancias inflamables, se puede evitar la formación de atmósferas explosivas peligrosas mediante una ventilación adecuada.

Para valorar la eficacia de ventilación, hay que tener en cuenta lo siguiente:

- *En gases, vapores y nieblas*, para dimensionar la ventilación es necesario estimar la cantidad máxima (caudal) de los gases, vapores y nieblas que pudieran escapar, y conocer la localización de la fuente y las condiciones de su propagación.
- *En polvos*, las medidas de ventilación sólo suelen deparar una protección suficiente si el polvo es aspirado en el punto en que se genera, y si al mismo tiempo se previenen de manera fiable los depósitos de polvo peligrosos.

En condiciones operativas favorables, la ventilación suficientemente fuerte puede reducir la probabilidad de que se forme una atmósfera explosiva peligrosa o reducir las dimensiones de los ámbitos con riesgo de explosión (zonas).

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

1.6.1.1.5.- Utilización de equipos detectores de gases.

La vigilancia de la concentración en el entorno de instalaciones puede efectuarse, mediante el empleo de detectores de gas.

Los detectores de gas deben estar autorizados para su utilización en atmósferas potencialmente explosivas con arreglo al R.D. 400/1996 en lo que respecta a su seguridad como aparato eléctrico, y llevar la marca correspondiente.

Se establecerá unos períodos de calibración y mantenimiento de los aparatos para asegurar su correcto funcionamiento, según indique el fabricante.

Condiciones a tener en cuenta en la utilización de detectores de gas:

- Conocimiento suficiente de las sustancias previsibles, ubicación de sus fuentes, sus intensidades máximas de emisión y sus condiciones de propagación.
- Capacidad de funcionamiento del aparato acorde con las condiciones de utilización, particularmente en lo que respecta al tiempo de reacción, umbral de reacción y sensibilidad a las interferencias.
- Prevención de estados peligrosos en caso de fallar alguna función del detector avisador de gas (fiabilidad).
- Posibilidad de registrar con rapidez y seguridad suficientes las mezclas previsibles mediante la selección adecuada del número y ubicación de los puntos de medición.
- Conocimiento de la zona expuesta al riesgo de explosión hasta que surtan efecto las medidas de seguridad activadas por el aparato. En las zonas inmediatamente contiguas (en función de los puntos anteriores) es necesario evitar las fuentes de ignición.
- Impedir de manera suficientemente segura que la activación de las medidas de seguridad forme una atmósfera explosiva peligrosa en las zonas situadas

más allá de la proximidad inmediata, y prevenir otros riesgos por activación errónea.

1.6.1.2.- PREVENIR LAS FUENTES DE IGNICIÓN.

Cuando la formación de una atmósfera explosiva peligrosa no pueda impedirse, hay que prevenir su ignición. La prevención de la ignición de una atmósfera explosiva puede conseguirse con medidas de protección que evitan o reducen la probabilidad de aparición de fuentes de ignición.

Para valorar el alcance de las medidas de protección, las áreas de riesgo deben clasificarse en zonas en función de la probabilidad de que una atmósfera explosiva peligrosa coincida en el tiempo y en el espacio con una fuente de ignición.

Para determinar las medidas de protección eficaces deben conocerse los diferentes tipos de fuentes de ignición y su modo de acción.

1.6.1.1.1.- Alcance de las medidas.

La envergadura de las medidas de protección, dependerá de la probabilidad de aparición de una atmósfera explosiva peligrosa (clasificación de zonas de riesgo).

Al determinar el alcance de las medidas de protección debe tenerse en cuenta lo indicado en el siguiente cuadro, aplicable a todo tipo de fuentes de ignición:

ZONAS ATEX	CASOS
ZONA 0 ó ZONA 20	- funcionamiento normal, sin avería - averías previsibles - averías raras
ZONA 1 ó ZONA 21	- funcionamiento normal, sin avería - averías previsibles
ZONA 2 ó ZONA 22	- funcionamiento normal, sin avería

1.6.1.1.2.- Tipos de fuentes de ignición.

Los tipos de fuentes de ignición, según norma EN 1127-1, son:

- I. Superficies calientes
- II. Llamas y gases calientes
- III. Chispas de origen mecánico

- IV. Material eléctrico
- V. Corrientes eléctricas parásitas, protección contra la corrosión catódica
- VI. Electricidad estática
- VII. Rayo
- VIII. Campos electromagnéticos comprendidos en una gama de 9kHz a 300 GHz
- IX. Radiación electromagnética comprendida en una gama de 300 GHz a 3×10^{16} Hz o longitudes de onda de 1000 μm a 0,1 μm (rango del espectro óptico)
- X. Radiación ionizante
- XI. Ultrasonidos
- XII. Compresión adiabática, ondas de choque, gases circulantes
- XIII. Reacciones químicas

Superficies calientes:

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

Deberá mantenerse un determinado margen de seguridad entre la temperatura máxima previsible en la superficie y la temperatura de ignición de la atmósfera explosiva, si existe

la posibilidad de que una atmósfera explosiva entre en contacto con una superficie caliente.

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

Los depósitos de polvo tienen un efecto aislante y, por lo tanto, obstaculizan la evacuación del calor hacia fuera. Este proceso puede llegar hasta la ignición de la capa de polvo.

Llamas y gases calientes:

Las llamas, incluso las muy pequeñas, figuran entre las fuentes de ignición más efectivas.

Tanto las propias llamas como las partículas sólidas incandescentes pueden producir la ignición de una atmósfera explosiva. En las zonas 0 y 20, las llamas deben excluirse totalmente. En las zonas 1, 2, 21 y 22, sólo podrán tolerarse las llamas que estén confinadas de manera segura.

Las llamas desnudas ocasionadas por trabajos de soldadura o fumar deben impedirse con medidas organizativas.

Chispas de origen mecánico:

En operaciones que implican fricción, choque y abrasión, pueden desprenderse chispas que, a su vez, pueden provocar la ignición de gases y vapores inflamables y de algunas mezclas de niebla o polvo con aire (especialmente mezclas de polvo metálico con aire).

En el polvo depositado las chispas pueden iniciar un fuego latente y éste puede convertirse en la fuente de ignición de una atmósfera explosiva.

También puede producir chispas la penetración de materiales extraños (p. ej. piedras o trozos de metal) en aparatos o partes de instalaciones.

Reacciones químicas:

En el caso de las reacciones químicas con generación de calor (reacciones exotérmicas), las sustancias pueden calentarse y convertirse en fuentes de ignición. Este auto calentamiento es posible cuando la velocidad de producción de calor es superior a la velocidad de disipación del calor hacia el entorno.

Entre otros parámetros, son decisivos la relación volumen/superficie del sistema reactivo, la temperatura ambiente y el tiempo de permanencia.

A su vez, las sustancias inflamables que puedan haberse formado con la reacción química (p. ej. gases o vapores) pueden, en contacto con el aire ambiente, formar una atmósfera explosiva y, de este modo, aumentar considerablemente la peligrosidad de estos sistemas.

Material eléctrico:

Las fuentes de ignición posibles en instalaciones eléctricas son las provocadas, incluso con tensiones pequeñas, por chispas eléctricas y por superficies calientes.

En las áreas de riesgo sólo deberá utilizarse material eléctrico que cumpla los requisitos del anexo II de la Directiva 1999/92/CE. En todas las zonas, el material nuevo deberá seleccionarse con arreglo a las categorías establecidas en la Directiva 94/9/CE.

Conforme al documento de protección contra explosiones, los equipos de trabajo, incluidos los dispositivos de alerta, deben ser diseñados, manipulados y mantenidos prestando la debida atención a la seguridad.

Electricidad estática:

En condiciones operativas habituales pueden producirse descargas en las formas siguientes:

- Descargas de chispas: Pueden producirse por la carga de partes conductoras no conectadas a tierra.
- Descargas en penacho: Pueden producirse en las partes cargadas de material no conductor, entre las que figuran la mayoría de las materias plásticas.
- Descargas en haces deslizantes: Las llamadas descargas en haces deslizantes pueden producirse en procesos de separación muy rápidos, por ejemplo películas en movimiento sobre rodillos, en operaciones de transporte neumático por tubos o recipientes revestidos de material aislante, o en correas de transmisión.
- Descargas en conos de apilado: Las descargas en conos de apilado pueden producirse, por ejemplo, en el llenado neumático de silos.

Todas estas formas de descarga deben considerarse capaces de encender la mayoría de los gases y vapores de disolventes, al igual que las mezclas de nieblas o polvos

con aire. Las descargas en penacho, en cambio, sólo deben considerarse como una posible fuente de ignición de polvos altamente inflamables.

Como medidas de protección importantes que deben observarse en función de la zona, tenemos:

- poner a tierra los objetos e instalaciones conductoras,
- utilizar calzado apropiado en suelos de revestimiento apropiado,
- evitar materiales y partes de escasa conductividad eléctrica,
- reducir las superficies no conductoras, y
- en los procesos de transporte y llenado de polvos, evitar los tubos y recipientes metálicos conductores revestidos por dentro de aislamiento eléctrico.

1.6.1.3.- LIMITACIÓN DE LOS EFECTOS.

La combinación de medidas preventivas con otras medidas adicionales que limitan los efectos nefastos de las explosiones para los trabajadores, permite alcanzar el máximo nivel posible de seguridad.

Junto con las medidas preventivas, es necesario prever también, en caso necesario, medidas adicionales que entren en funcionamiento una vez se haya producido una ignición.

Deben adoptarse medidas que limiten los efectos de una explosión hasta un nivel inocuo, en aquellos casos en los que, las medidas para prevenir la formación de atmósferas explosivas y las fuentes de ignición, no pueden realizarse con la fiabilidad suficiente.

Estas medidas se conciben para limitar los efectos peligrosos de explosiones originadas en el interior de las instalaciones.

En el caso de la detonación, salvo para gases y líquidos en tuberías, no se pueden disponer de elementos que limiten sus consecuencias en el caso de producirse, ya que no se dispone del tiempo de respuesta adecuado, necesario en todo momento de protección, además de que las presiones que genera son mucho más elevadas.

A la hora de aplicar medidas de protección frente a explosiones en equipos e instalaciones, es necesario determinar previamente unos puntos básicos para definir qué sistema es posible aplicar, siendo los datos más corrientemente requeridos los siguientes:

- Severidad de la explosión, es decir la velocidad máxima con que se incrementa la presión y la presión máxima alcanzable.
- Concentración mínima que se requiere para que se produzca la explosión.
- Concentración mínima de oxígeno requerida.
- Mínima energía requerida para que se produzca la ignición.

Figuran entre tales medidas de protección frente a explosiones:

- venteo o alivio de la presión;
- supresión de la explosión;
- prevención de la propagación de las llamas y de la explosión (aislamiento e interrupción de la explosión).

Pueden adoptarse asimismo medidas estructurales como, por ejemplo, muros anti-deflagración.

Al determinar las medidas de protección constructiva, se deberá optar por aparatos y sistemas de seguridad que corresponden a los requisitos del R.D. 400/1996.

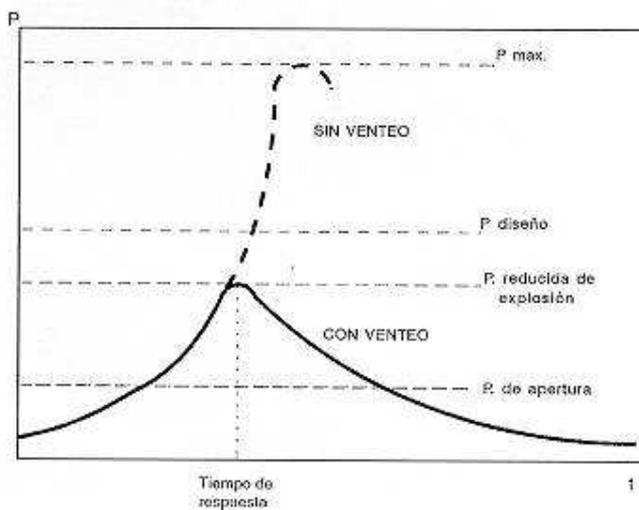
1.6.1.3.1.- Sistemas de venteo o alivio de la presión.

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

Es un método de protección basado en la apertura de unos paramentos débiles en las paredes de una planta o equipo al principio del desarrollo de una explosión, de forma que la fuerza principal de la explosión se disipa en el aire y el aumento de presión se limita a un nivel aceptable.

El sistema de venteo o alivio de la presión que se genera

durante la explosión tiene por objeto limitar su crecimiento a valores inferiores a la de diseño de la instalación o el equipo, es decir, impedir que la instalación o el equipo se vea solicitado más allá de su resistencia a la explosión.



El venteo o alivio de presión, prácticamente, se realiza disponiendo en los equipos membranas ligeras (paneles de ruptura), con una presión de ruptura predeterminada, las cuales son capaces de actuar casi instantáneamente, de forma predecible y sin resistencia frente a la presión.

Tipos de paramentos débiles de venteo, empleados para el venteo de equipos de proceso y de locales de trabajo:

- *panel ligero pero rígido,*
- *paneles de ruptura,*
- *puertas de explosión con bisagras,*
- *venteos reversibles.*

Ventajas que presentan los paneles o membranas de ruptura:

- Indicadores de ruptura del panel y posibilidad de conexión a otros sistemas de seguridad del proceso.
- Conexión a tierra, en prevención de la electricidad estática.
- Aislamiento, para aquellas instalaciones que estén aisladas térmicamente, y con ello evitar la pérdida de calor y la condensación.

- Aplicaciones higiénicas en alimentación y farmacia.

Si se aplica la medida de protección “*venteo o alivio de presión*”, es necesario asegurar que las partes de instalación situadas en los tramos anteriores y posteriores se desconecten en caso de explosión. Estos sistemas deben ir completados mediante dispositivos pasivos de aislamiento de la explosión tales como válvulas rotativas, barreras de contención de explosiones o activos tales como inertización, activación de barreras químicas o válvulas de acción rápida.

En cuanto a la ubicación física del sistema de venteo, hay que tener en cuenta que en su funcionamiento no solo se efectúa el alivio de presión, sino que hay salida de quemados, no quemados y llamas, lo que puede ser origen de explosiones secundarias, razón por la cual la salida debe ser dirigida a una zona segura, lo cual puede condicionar su utilización.

El venteo se debe localizar de forma que evite lesiones al personal y minimice los efectos de incendio y de la onda de explosión.

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

El venteo resulta inadecuado y no se debe usar si entraña la emisión de sustancias nocivas para las personas o para el medio ambiente (p. ej. sustancias tóxicas).

El accionamiento de los *dispositivos de venteo o alivio de explosiones* puede provocar efectos considerables en forma de llamas y presiones en la dirección de descarga.

El frente de llama debe tener un acceso libre y sin obstáculos hacia el venteo.

Conductos de venteo:

Son unas conducciones al exterior para evitar los efectos sobre las personas de los chorros de llama y la onda de choque que salen por el orificio de venteo. La sección transversal del conducto debe ser como mínimo la del área de venteo y se instalan entre el venteo y un lugar exento de peligros.

Venteo sin llamas:

En aquellas ocasiones en las que no se dispone o no es adecuado dirigir el escape a una zona de seguridad, se deberá disponer de elementos que supriman la salida de llama al producirse la ruptura de la membrana (filtro de llama). El filtro de llama se basa en el hecho de que la propagación de una llama puede eliminarse si se disipa su energía, físicamente realizable haciéndola pasar por un intercambiador especialmente diseñado en el que la temperatura se reduce por debajo de la temperatura de ignición de la materia de que se trate.

La inclusión del filtro de llamas reduce la capacidad de venteo del panel de ruptura.

Sistema de venteo de explosiones sin llama, es el conjunto formado por una membrana de ruptura en serie con un filtro. La combinación de panel de ruptura y filtro de llamas, permite ventear las instalaciones en áreas cerradas, siempre y cuando se adopten las medidas adecuadas y las sustancias venteadas cumplan determinados requisitos, como por ejemplo no ser tóxicas.

1.6.1.3.2.- Sistemas de supresión de la explosión.

Un sistema de supresión de explosiones activo está diseñado para actuar, tras la detección de una combustión

incipiente, descargando instantáneamente agentes extintores que apagan la reacción de combustión, evitando así el incremento de la presión en el interior de espacios o recintos industriales por encima de un valor predeterminado.

La limitación y confinamiento de la llama en los primeros estadios de la explosión, contribuye a evitar explosiones en aquellos recintos en los que se opera con equipos, dentro de los cuales es inevitable la deposición de polvo (ejemplos: molinos, quebrantadores, mezcladores, cintas transportadoras, silos, tolvas, elevadores de cangilones, transportadores neumáticos, filtros, ciclones y lechos de secado). Esta protección hace extensiva su influencia al personal operativo que trabaja en estas áreas.

La técnica de los sistemas supresores de explosión resulta de indudable interés, si se considera que la presión máxima de explosión puede alcanzar valores de hasta 10 bar (manométricos), presiones éstas considerables desde el momento en que gran cantidad de silos no resisten presiones superiores a 0,4 bar.

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

que hacen improcedente la instalación de paramentos débiles de venteo.

Estos sistemas constan de un dispositivo sensor que detecta explosiones incipientes (con la colaboración de amplificadores especiales) y de unos extintores presurizados cuyas válvulas son activadas por el sistema sensor.

Esta activación provoca que el medio extintor se inyecte dentro del espacio a proteger y se disperse uniformemente en el intervalo de tiempo más corto posible.

Tal posibilidad reside, precisamente, en la existencia de este intervalo de tiempo, entre el comienzo de la deflagración y la formación de la presión destructora, intervalo éste en el que el sistema de supresión puede entrar en funcionamiento.

En caso de explosión, los dispositivos de supresión de explosiones actúan por inyección rápida de productos de extinción en recipientes e instalaciones para impedir que allí se alcance la presión máxima de explosión.

Su funcionamiento se desarrolla en tres etapas fundamentales:

- **Detección:** Se consigue mediante componentes activados por la presión o luz, siendo las condiciones del proceso el que determinan el sistema más apropiado. Debe ser automática, de forma que se produzca en el primer estadio de la explosión. Los detectores deben ajustarse de forma que "sepan" discernir entre la presión inherente a la explosión en sí y la debida a otros factores o variables ajenos a aquélla en el ámbito de su funcionalidad. Los detectores estáticos actúan al alcanzarse un nivel de presión estática prefijado, los dinámicos actúan con la variación de velocidad del aumento de presión.

En aquellos casos en los que la detección de presión no es posible (mezclas de aire y combustible no confinadas), se aprovecha la radiación emitida por toda explosión incipiente, empleándose tubos fotoeléctricos (ultravioletas) o células fotoeléctricas (infrarrojos), con lo que el conjunto reacciona en milisegundos. Cuando por las características del material y equipo se requiere detección térmica, se utilizan termopares de alta velocidad de resolución.

- **Iniciación:** Se envía una señal al sistema de control electrónico indicando que se ha detectado un proceso de combustión. El sistema de control procesa la señal

recibida e inicia la secuencia de apertura del recipiente que contiene el agente extintor.

- **Supresión:** Esta etapa la desarrolla el propio detector, junto con el extintor, desencadenándose la rápida difusión del agente extintor a un ritmo más rápido que la propagación de la llama, bien aprovechando la propia fuerza de la explosión, bien mediante la descarga electro explosiva de un agente sobrepresurizado, con lo que la llama se extingue antes de que los incrementos de presión y temperatura puedan ser destructivos.

Los supresores se instalan dentro de los equipos: tanques, recipientes de procesos químicos, sistemas de recuperación de vapores inflamables, equipos que manipulen o almacenen polvos combustibles, etc., utilizándose los de diseño cilíndrico siempre que se requiera una dispersión uniforme en el interior de aquéllos.

El mecanismo de la supresión en sí es una inhibición química acompañada de enfriamiento, inertización o sofocamiento. El agente supresor puede ser un líquido vaporizable con el proceso de combustión en cuestión, un producto químico seco o una combinación de los dos anteriores. Estos sistemas utilizan como agente supresor y en orden decreciente de eficacia: polvo, agua, soluciones de agente humectante, agua con glicerina cuando resulta preciso protección anticongelante y halones 1211 y 1301.

La detección y control del sistema se opera eléctricamente. Es apropiado disponer de un centro de energía suplementario (baterías), ante la eventualidad de un corte en el suministro de energía, a fin de que el sistema permanezca siempre operativo. Los efectos de una explosión quedan limitados al interior del aparato, contrariamente a lo que ocurre en la descarga de la explosión. Según la ejecución del dispositivo, la sobrepresión por explosión puede reducirse a aproximadamente 0,2 bar.

La implantación de un dispositivo de supresión de explosiones no excluye que, en su caso, deba preverse también la desconexión de las partes de instalación situados en los tramos anteriores y posteriores.

Los dispositivos de supresión de explosiones deben ser controlados y marcados como sistemas de seguridad conforme al R.D. 400/1996.

1.6.1.3.3.- Aislamiento e interrupción de la explosión.

El objetivo de un sistema de aislamiento es evitar la propagación de la explosión a lo largo del proceso, limitar el efecto al equipo donde se inicio la explosión.

Las explosiones se propagan a través de tuberías, y en todo proceso existen conducciones que intercomunican los

equipos, o bien las conducciones pueden terminar en áreas de trabajo de personas.

En caso de producirse una explosión en una parte de la instalación, ésta puede propagarse hacia los tramos anteriores y posteriores y provocar allí otras explosiones. Las presiones de explosión así generadas pueden rebasar ampliamente la presión máxima de explosión en condiciones normales, e incluso llegar a la destrucción de partes de instalación construidas para resistir a la presión de explosión o al choque de la presión de explosión.

Es importante limitar las explosiones posibles a partes de instalación aisladas. Se consigue con el aislamiento e interrupción de la explosión (desconexión) en caso de producirse ésta.

Los sistemas de aislamiento se basan en evitar el avance de las llamas, existiendo varias técnicas para lograr dicho objetivo:

- **Sistemas mecánicos activos** (válvulas de aislamiento): diseñados para actuar tras la detección de una combustión en estado inicial por aislamiento mecánico de la misma, evitando así su propagación. Se puede realizar utilizando válvulas de compuerta con cierre instantáneo.

- **Sistemas de aislamiento químico**: se diferencian de los sistemas activos en que el progreso de las llamas es detenido mediante la descarga de un agente extintor, en lugar del cierre de una válvula.

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

- aislamiento mecánico rápido
- extinción de llamas en intersticios estrechos o mediante inyección de agentes extintores
- detención de las llamas mediante fuerte contracorriente
- intercepción hidráulica
- compuertas.

Dispositivos apaga llamas para gases, vapores y nieblas:

Pueden utilizarse para evitar que en una atmósfera explosiva, pueda producirse una propagación de llamas, por ejemplo, a través de tuberías, respiraderos y conductos de alimentación y evacuación que no estén llenos de líquido de manera permanentemente.

Para impedir el retroceso de llamas desde el interior de un aparato hacia un área con riesgo de explosión.

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

- extinción de llamas en intersticios y canales estrechos (p. ej. mallas, metales sinterizados);
- detención de un frente de llamas mediante evacuación de las mezclas sin quemar a la velocidad pertinente (válvulas de alta velocidad);
- detención de un frente de llamas mediante intercepción líquida (p. ej. mallas o cierres hidráulicos).

Dispositivos de desconexión para polvos:

Dado el riesgo de obstrucción, los dispositivos apaga llamas para gases, vapores y nieblas no son viables en presencia de polvos.

Dispositivos que pueden utilizarse para prevenir la propagación de explosiones de polvo, a través de tuberías de comunicación, instalaciones de transporte o similares, así como la salida de llamas de partes de instalaciones son:

- **Barreras Extintoras:** En cuanto la explosión es reconocida por los detectores, los extintores inyectan en la tubería agentes extintores que sofocan las llamas. Esto no tiene efecto alguno

sobre la presión de explosión que se forma por delante de la barrera de extinción. También es necesario calcular la resistencia de los conductos y aparatos situados en los tramos posteriores a la barrera habida cuenta de la presión previsible. El agente extintor debe adaptarse al tipo de polvo existente en cada caso.

- **Correderas de cierre instantáneo o compuertas de cierre rápido:** La explosión que discurre por la tubería es reconocida por los detectores. Un mecanismo de accionamiento cierra la corredera o la compuerta en cuestión de milisegundos.
- **Válvulas de seguridad contra explosiones:** Si se rebasa cierta velocidad de flujo se cierra una válvula en la tubería. La velocidad de flujo requerida para el cierre de la válvula es la generada ya sea por la onda expansiva de la explosión ya sea por un flujo auxiliar controlado por el detector (p.ej. insuflación de nitrógeno sobre el cono de la válvula). Las válvulas de cierre rápido conocidas hasta la fecha sólo pueden instalarse en tuberías posicionadas horizontalmente, y además sólo resultan apropiadas en tuberías con una carga de polvo

- relativamente escasa (p. ej. en instalaciones de filtrado: en el lado del aire purificado).
- **Válvulas rotativas:** Las válvulas rotativas sólo pueden instalarse como barrera si está acreditada su estanqueidad a la transmisión de la llama interior y su resistencia a la carga por compresión en las condiciones de servicio previstas en cada caso. En caso de explosión, el movimiento del rotor se debe detener automáticamente mediante un detector, al objeto de evitar la salida de productos en combustión.
 - **Dispositivo desviador de la explosión:** Un dispositivo desviador de la explosión consta de segmentos de tubería conectados entre sí a través de un trozo de tubería especial. El cerramiento de la tubería frente a la atmósfera está dotado de un dispositivo de descarga (placa de recubrimiento o disco de ruptura). La propagación de la explosión se evita invirtiendo la dirección de circulación con simultánea descompresión en el codo donde se produce el desvío, una vez abierto el dispositivo de descarga. No siempre es posible impedir la propagación de una explosión de manera fiable mediante un dispositivo desviador, aunque sí se puede frenar el avance del frente de llamas de tal manera que en el tramo posterior de la tubería se produzca

como máximo un lento arranque de la explosión. Debe evitarse la proyección de fragmentos del dispositivo de descarga, p. ej. con una rejilla protectora. La descarga debe efectuarse siempre hacia una dirección sin riesgo, y en ningún caso hacia zonas de trabajo o vías de tránsito. Esta medida de seguridad no será viable si entraña la emisión de sustancias nocivas para las personas o el medio ambiente.

- **Obturación:** Una barrera de altura suficiente formada por el propio producto (p. ej. en la boca de descarga de un silo), en conjunción con la medida de protección “venteo o alivio de la presión”, puede resultar apropiada para aislar partes de instalaciones. La altura de apilado debe ser la suficiente, asegurada por un indicador de nivel, para que el producto resista la onda de choque de la explosión y las llamas no puedan atravesar esta barrera.
- **Corredera doble:** Un sistema de doble corredera instalado en la boca de descarga de producto de aparatos resistentes a las explosiones puede detener la propagación de llamas por ese punto. En tal caso, las correderas deben ofrecer como mínimo la misma resistencia que el aparato. Con las maniobras de control pertinentes, debe

asegurarse que alternativamente siempre haya una corredera cerrada.

Todos los dispositivos de desconexión sometidos al R.D. 400/1996 deben estar controlados como sistemas de protección conforme a los requisitos de éste, y llevar la identificación correspondiente.

1.6.2.- Medidas Organizativas contra explosiones.

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

En la práctica, la seguridad del entorno de trabajo también podrá alcanzarse mediante la combinación de medidas técnicas y organizativas para la protección contra explosiones.

Mediante medidas organizativas, las fases de trabajo se configuran de tal manera que no puedan exponer a los trabajadores a riesgos de

explosión. El mantenimiento de las medidas de protección técnicas mediante inspección, mantenimiento y reparación también debe quedar fijado mediante medidas organizativas.

Las medidas organizativas adoptadas para la protección contra explosiones deben documentarse en el documento de protección contra explosiones.

Relación no exhaustiva de medidas organizativas que deberán realizarse:

1. Formación e información de los trabajadores
2. Elaboración de instrucciones de trabajo por escrito
3. Aplicación de un sistema de “permisos para trabajar”

1.6.2.1.- FORMACIÓN E INFORMACIÓN A LOS TRABAJADORES.

El empresario deberá proporcionar a los trabajadores una formación e información adecuadas y suficientes sobre los riesgos de explosión existentes en el lugar de trabajo y de las medidas de protección en caso de explosiones. Esta formación e información de los trabajadores debe explicarse los siguientes aspectos:

- Cómo y en qué puntos del lugar de trabajo surge el riesgo de explosión.
- Las medidas de protección contra las explosiones y su funcionamiento.
- La manipulación correcta de los equipos de trabajo disponibles.
- La ejecución segura de las tareas en *áreas de riesgo* o a proximidad de éstas.
- El significado de la posible señalización de las *áreas de riesgo*
- La indicación de los equipos móviles cuya utilización está autorizada en estas áreas.
- Los equipos de protección personal que deben utilizar durante el trabajo.
- Las instrucciones de servicio existentes.

La *formación* de los trabajadores debe realizarse en los momentos siguientes:

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

La *formación* de los trabajadores debe efectuarse a intervalos apropiados, por ejemplo una vez al año. La instrucción debe correr a cargo de una persona debidamente capacitada. Debe documentarse por escrito la fecha, el contenido y los participantes en las acciones de instrucción.

1.6.2.2.- PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO.

Los procedimientos de trabajo son disposiciones y normas de comportamiento vinculantes, relacionadas con la actividad en las áreas de riesgo que el empresario da a los trabajadores por escrito, cuando así lo exija el documento de protección contra explosiones.

Deberán estar recogidos por escrito cuando se traten de tareas críticas debido a la importancia de los riesgos, la complejidad del trabajo o bien a la ocasionalidad del mismo. En dichos procedimientos, se describen los peligros que el lugar de trabajo entraña para el hombre y el medio ambiente, y se señalan las medidas protectoras adoptadas o de cumplimiento obligado.

Para lugares de trabajo con riesgo de atmósfera explosiva también deben reflejar especialmente:

- dónde existen y qué riesgos,

- dónde y cómo se autoriza, el empleo de equipos de trabajo móviles, y
- si es preciso utilizar algún equipo de protección personal.

Los procedimientos son elaborados por el empresario o persona capacitada por él designada.

Deben ser redactados de tal modo que todo trabajador pueda comprenderlos y aplicar su contenido.

Los procedimientos de trabajo relativos a una actividad y que describen riesgos diversos u obedecen a disposiciones legales diferentes, pueden resumirse en un único procedimiento de servicio. Se consigue así un enfoque homogéneo de los riesgos.

Se recomienda la utilización de una presentación homogénea para los mismos (estandarización), a fin de aprovechar el efecto de reconocimiento.

1.6.2.3.- PERMISOS DE TRABAJO.

Son documentos escritos, emitidos por los responsables de las áreas funcionales o secciones afectadas, y que autorizan la realización de



trabajos o tareas en situaciones como:

- trabajos en el interior o próximos, a un área de riesgo que pudieran dar lugar a una explosión,
- trabajos que puedan plantear riesgos, por solapamiento con otras tareas.

El procedimiento de “autorización de trabajo” puede realizarse, por ejemplo, mediante un formulario de autorización para trabajar que deben recibir y firmar todos los participantes.

Los permisos de trabajo, deberán ser expedidas por una persona expresamente autorizada para ello, y deberán ser emitidos antes del comienzo de los trabajos. El tiempo de validez de la autorización de trabajo se establecerá, conjuntamente, por los responsables de la misma.

Si las condiciones de seguridad cambian durante el trabajo o la duración del mismo fuera superior a la prevista, deberá renovarse el documento.

Tras terminar el trabajo, el permiso deberá entregarse a la persona que lo ha autorizado. 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.

En cuanto a **contenidos**, los permisos de trabajo, deben incluir como mínimo, la siguiente información:

- fecha de realización,
- localización del lugar de trabajo
- descripción del trabajo,
- especificación de los riesgos existentes y previsibles,
- comprobación de que la instalación está en condiciones de seguridad,
- equipos de protección colectiva o individual que hay que usar,
- si hay personal ajeno a la empresa, datos de la empresa contratada y teléfonos de emergencias,
- el nombre de las personas que autorizan la operación del trabajo,
- el nombre de la persona que vaya a intervenir, y
- la duración de la autorización

En cuanto a las **responsabilidades** de cada una de las personas afectadas por la emisión de permisos de trabajo, tenemos:

- El Responsable de la Unidad Funcional o sección en donde se realiza el trabajo, deberá:

- cumplimentar los apartados de la autorización que le correspondan,
 - facilitar a la persona responsable de realizar el trabajo toda la información relativa a la seguridad,
 - dejar practicables las instalaciones donde se deba trabajar,
 - comprobar la disposición de las medidas de emergencia de la empresa (primeros auxilios, evacuación, etc.).
- El Responsable de la ejecución de un trabajo que requiera autorización, deberá:
- cumplimentar los apartados de la autorización que le correspondan y firmarla,
 - no iniciar el trabajo si en la autorización no figura toda la información imprescindible,
 - inspeccionar el lugar de trabajo y asegurarse de que se cumplan todas las medidas de seguridad,
 - verificar la adecuada formación de las personas que efectúen el trabajo e informarle de la manera de realizarlo así como de los riesgos que implica su ejecución y las medidas preventivas pertinentes.
- Los operarios que realizan el trabajo deberán:

- firmar la autorización después de leerla y asumir su contenido, llevarla siempre consigo, cumplir las normas de seguridad especificadas en ella, respetar la duración establecida para la autorización y entregar el documento a la persona responsable del trabajo, una vez finalizado. Si hay cambios en las condiciones de seguridad de la instalación, interrumpir el trabajo y comunicarlo para revisar la autorización.

PERMISO DE TRABAJO EN EQUIPOS ELECTRICOS											
EN CASO DE QUE SUENE CUALQUIER ALARMA ESTE PERMISO PIERDE VALIDEZ											
PTE Nº 000.000											
Área Solicitante:			Controlador:			Firma:					
Descripción del Trabajo a realizar:										OT nº:	
Ubicación:										Equipo Baja Tensión <input type="checkbox"/>	
Equipo:										Equipo Baja Tensión <input type="checkbox"/>	
Prevenção de riesgo por <input type="checkbox"/> Trabajo en altura <input type="checkbox"/> Trabajo de excavación <input type="checkbox"/> Trabajo bajo tensión											
Se utilizará: <input type="checkbox"/> Instrumentos de medición <input type="checkbox"/> Escaleras <input type="checkbox"/> Herramientas aisladas <input type="checkbox"/> Herramientas eléctricas <input type="checkbox"/> Otros:											
Empresa Ejecutante:			Nº Trabajadores:			Responsable Ejecución:			Existe procedimiento específico: <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SI (adjuntar)		
LISTA DE COMPROBACIONES											
Preparado por:						Firma:			Legajo:		
17- EQUIPO: ¿Se ha verificado ausencia de tensión en cables, bornes o aparatos cercanos al lugar de trabajo?											
<input type="checkbox"/> Baja Tensión <input type="checkbox"/> 220 Vac <input type="checkbox"/> 110 Vdd <input type="checkbox"/> Otros											
18- Se debe conectar el seccionador de puesta a tierra?											
19- Se deben colocar las tarjetas de consignación y enclavamiento en el equipo intervenido? Punto 15											
MEASURAS PREVENTIVAS DE SEGURIDAD											
20- Se han anulado los sistemas de detección y/o alarmas en el área de influencia de la tarea?											
21- Es necesario utilizar pátigas para verificar tensión?											
25- Involucra esta tarea a otros sectores y, en ese caso, han sido notificados?											
13- Permiten los factores climáticos realizar la tarea sin riesgos?											
14- PROTECCIÓN PERSONAL: Se requiere protección personal de tipo especial tal como: Protector facial											
<input type="checkbox"/> cinturón <input type="checkbox"/> aire asistido <input type="checkbox"/> máscara con filtro <input type="checkbox"/> guantes tipo											
15- TARJETAS DE ENCLAVAMIENTO ELÉCTRICO / BLOQUEO MECÁNICO											
28- EXCAVACIONES											
Equipo Nº Equipo Nº Equipo Nº											
Existencia de cables enterrados. Indicar / adjuntar croquis u observaciones											
AUTORIZANTE: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Comprobado											
EJECUTANTE: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Comprobado											
22- Proveer iluminación y ventilación											
Iluminación y/o ventilación colocadas											
23- Pantalas protectoras											
Pantalas protectoras colocadas											
24- Colocar puestas a tierra y en corto											
Poner puesta a tierra y en corto											
26- Delimitar el área de trabajo? En ... metros											
Señalizar zona de trabajo											
27- Es necesario utilizar:											
<input type="checkbox"/> Taburete <input type="checkbox"/> Tarifa aislada <input type="checkbox"/> Elemento aislado colocado <input type="checkbox"/> Alfombra de goma <input type="checkbox"/> Otros											
16- PRUEBA DE GASES											
Muestra a realizar límite Resultado Firma Hora Resultado Firma Hora Resultado Firma Hora											
% Explosividad 10%											
Otras											
MEASURAS COMPLEMENTARIAS Y COMENTARIOS											
COMO MEDIDA DE PRECAUCION SE DEBERA VERIFICAR LA AUSENCIA DE TENSION INDEPENDIENTEMENTE DE LA TAREA A EJECUTAR											
Entiendo y acepto las medidas de prevención indicadas en este permiso de trabajo y las transmito al personal a mi cargo. Certifico que las herramientas y equipos a utilizar se encuentran en buenas condiciones de seguridad y son las adecuadas para la ejecución de la tarea.											
Firma responsable de ejecución:											
AUTORIZACION: Fecha: Hora: Desde: hasta: Sup. Área Operativa: Otro Sup Operativo:											
RENOVACION DE AUTORIZACION: Fecha: Hora: Desde: hasta: Sup. Área Operativa: Resp. Ejecución: Otro Sup Operativo:											
CANCELACION: Ejecutante: Autorizante:											
COMPROBACIONES PREVIAS A LA CONEXION											
2- Se han quitado puestas a tierra y en corto, y restablecido las condiciones originales del entorno? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NC <input type="checkbox"/> Comprobado											
Certifico que el trabajo enunciado: <input type="checkbox"/> Ha sido terminado <input type="checkbox"/> Ha sido suspendido <input type="checkbox"/> No se ha iniciado											
Solicitante / Ejecutante:			Sup. Área:			Fecha:			Hora:		

1.7.- Equipos de Trabajo.

La Directiva de Máquinas 2006/42/CE es aplicable en todos los Estados Miembros de la Unión Europea, es decir, en los 27 países (incluyendo la adhesión de Rumania y Bulgaria a partir del 2007) y también Suiza (a través de los convenios bilaterales entre Suiza y la Unión Europea) así como Islandia, Liechtenstein y Noruega (los denominados estados de la Asociación Europea de Libre Comercio). Esta comunidad de 31 países europeos será denominada conjuntamente como el EEE (Espacio Económico Europeo).

Entro en vigor el 29 de diciembre del 2009.

Definición de máquina

- ❖ Conjunto de partes o componentes vinculados entre sí, de los cuales al menos uno es móvil, asociados para una aplicación determinada, provisto o destinado a estar provisto de un sistema de accionamiento distinto de la fuerza humana o animal, aplicada directamente.
- ❖ Conjunto como el indicado en el primer guión, al que solo le falten los elementos de conexión a las fuentes de energía y movimiento.
- ❖ Conjunto como los indicados en los guiones primero y segundo, preparado para su instalación que solamente pueda funcionar previo montaje sobre un medio de transporte o instalado en un edificio o una estructura.

- ❖ Conjunto de máquinas como las indicadas en los guiones primero, segundo y tercero anteriores o de cuasi máquinas a las que se refiere la letra g) de este artículo 2.2, que, para llegar a un mismo resultado, estén dispuestas y accionadas para funcionar como una sola máquina.
- ❖ Conjunto de partes o componentes vinculados entre sí, de los cuales al menos uno es móvil, asociados con objeto de elevar cargas y cuya única fuente de energía sea la fuerza humana empleada directamente.

Definición de cuasimaquina

- ❖ Conjunto que constituye casi una máquina, pero que no puede realizar por sí solo una aplicación determinada.
- ❖ Un sistema de accionamiento es una cuasi máquina.
- ❖ La cuasi máquina está destinada únicamente a ser incorporada a, o ensamblada con, otras máquinas, u otras cuasi máquinas o equipos, para formar una máquina a la que se aplique este real decreto

Definición de componente de seguridad

Que sirva para desempeñar una función de seguridad, que se comercialice por separado, cuyo fallo y/o funcionamiento defectuoso ponga en peligro la seguridad de las personas, y que no sea necesario para el funcionamiento de la máquina o que, para el funcionamiento de la máquina, pueda ser reemplazado por componentes normales.

De conformidad con el artículo 3 de la Directiva de Máquinas 2006/42/CE, la Directiva ATEX se aplica, para los peligros de explosión, a las máquinas destinadas a un uso en atmósferas potencialmente explosivas.

La referencia a las «directivas comunitarias específicas» que figura en el segundo párrafo del punto 1.5.7 del anexo I de la Directiva de máquinas debe entenderse como referencia a la Directiva ATEX.

Cabe señalar que la Directiva ATEX no se aplica a los espacios donde se encuentran las máquinas en los que puede producirse una atmósfera potencialmente explosiva o a peligros de explosión que no se deben a condiciones atmosféricas.

El riesgo de explosión que plantean o conllevan las propias máquinas o los gases, líquidos, polvo, vapores u otras sustancias producidas o utilizadas por las máquinas está cubierto por la Directiva de máquinas.

Un fabricante de máquinas puede incorporar componentes, sistemas de protección o equipos ATEX que ya se hayan comercializado para impedir el riesgo de explosión en zonas donde se encuentran las máquinas. En ese caso, la declaración CE de conformidad de la máquina no debe referirse a la Directiva ATEX, y son las declaraciones CE de conformidad de los equipos, sistemas o componentes ATEX incorporados en las máquinas las que deben incluirse en el expediente técnico del fabricante de las máquinas.

El tercer párrafo del punto 1.7.3 de la Directiva de Máquinas 2006/42/CE se aplica a las máquinas sujetas a la Directiva 94/9/CE ATEX, además de a la propia Directiva de máquinas. El marcado CE pone de manifiesto la

conformidad de la máquina con las Directivas aplicables de la UE que disponen su fijación. Además del mercado CE, la Directiva ATEX prescribe un mercado específico para la protección contra las explosiones:



El mercado ATEX va seguido del símbolo del grupo de aparatos y de la categoría.

En todas las zonas en las que pueda haber presencia de atmósferas explosivas deberán utilizarse máquinas, aparatos, equipos y sistemas de protección correspondientes a las categorías determinadas en el Real Decreto 400/1996, siempre y cuando el documento de protección contra explosiones no prevea otra cosa y en razón de la evaluación de riesgos efectuada.

Para que un equipo pueda ser comercializado como ATEX:

1. Deberá haber sido diseñado y construido de acuerdo con los requisitos esenciales de seguridad y salud que aparecen en el Anexo II del R.D. 400/96 y,
2. Deberá estar provisto de una *declaración de conformidad CE* (documento), en la que se especifique el mercado ATEX.

La *declaración de conformidad CE*, se basa en el cumplimiento de todos los requisitos esenciales de seguridad aplicables, lo que en muchos casos requerirá disponer de, un *Certificado de Examen CE de tipo* emitido por un organismo autorizado y estar sujeto al control para el aseguramiento de la calidad por parte del organismo autorizado, y *marcado CE* de los equipos.

El marcado CE debe contener:

- a. El símbolo **CE**, seguido en algunos casos del número de identificación del organismo notificado involucrado en la etapa para el aseguramiento del control de la producción o de las pruebas por unidad;
- b. A modo de complemento, la marca distintiva de material para atmósferas explosivas, seguido de la indicación del Grupo, Categoría y la indicación relativa a gases (G) y/o a polvo (D);
- c. Adicionalmente, podrá incluir el código específico del modo o modos de protección, temperatura superficial y subgrupo. Por ejemplo:

MARCADO CE

Nº ORGANISMO
NOTIFICADO
PARA
OTORGAR
CERTIFICADO

CE 0081

a.

MARCAJE ATEX

GRUPO

CATEGORIA

GAS O POLVO



II 2 G

b.

Según EN 50014:

MODO DE
PROTECCIÓN

SUBGRUPOS DE
MATERIAL

CLASES DE
TEMPERATURA

EExd II C T4

c.

Según ATEX 94/9/CE:

GRADO DE
PROTECCIÓN
DEL
REVESTIMIENTO
(EN 60529)

TEMPERATURA
MÁXIMA DE LA
SUPERFICIE

IP 65 T 135 °C

C.

Los aparatos y sistemas de protección previstos para ser comercializados en la unión europea deberán estar marcados de acuerdo a lo anteriormente citado y suministrarse con la declaración de conformidad CE, emitida por el fabricante.

A continuación, pasamos a describir cada uno de los términos utilizados en el mercado de equipos.

1.7.1.- Requerimientos para los Equipos de Trabajo.

Para la utilización segura de los equipos de trabajo en áreas de riesgo, deberán tenerse en cuenta las condiciones ambientales en el puesto de trabajo considerado en cada caso.

Si la valoración de los riesgos de explosión, pone de manifiesto que el grado de riesgo previsible para los trabajadores y para terceros es anormalmente elevado, podrá resultar necesario un grado de protección mayor para los aparatos y equipos de trabajo elegidos.

Los equipos de trabajo, en función del nivel de protección frente a riesgos de explosión, se clasifican en los siguientes **grupos**:

Grupo I: corresponde a aparatos y sistemas de protección para minería subterránea o zonas superficiales de las minas en las que se pueden presentar mezclas explosivas de gases y polvos. (No es objeto del presente informe)

Grupo II: corresponde al resto de aparatos y sistemas de protección para utilización en presencia de atmósfera explosiva. (Objeto de este informe)

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 diferentes..

Por tanto, a la hora de utilizar los equipos es necesario respetar el grupo de utilización indicado en el mercado, 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.

Dentro de cada uno de los grupos en los que quedan clasificados los equipos de trabajo, existen diferentes **categorías** para su utilización, en función de los grados de protección que presentan:

Grupo I:

Categoría M1: corresponden a equipos a utilizar en minería y diseñados para asegurar un nivel de protección muy alto.

Categoría M2: corresponden a equipos a utilizar en minería y diseñados para asegurar un nivel de protección alto.

Grupo II:

Categoría 1:

Comprende los aparatos diseñados para poder funcionar dentro de los parámetros operativos fijados y asegurar un nivel de protección muy alto.

Los aparatos de esta categoría estarán 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 unos 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.

Categoría 2:

Comprende los aparatos diseñados para poder funcionar en las condiciones prácticas fijadas por el fabricante y basados en un alto nivel de protección.

Los aparatos de esta categoría estarán 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 del funcionamiento

de los aparatos que deban tenerse habitualmente en cuenta.

Categoría 3:

Comprende los aparatos diseñados para poder funcionar en las condiciones prácticas fijadas por el fabricante y asegurar un nivel normal de protección.

Los aparatos de esta categoría estarán 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 de corta duración.

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

La estructura característica del mercado de estos elementos es la que se presenta a continuación:

	MARCADO "CE"	Nº ORGANISMO NOTI.	SÍMBOLO ATEX	GRUPO	CAT.	SIMB. DE USO
Equipos para uso en minería	CE	XXX		I	M1	
					M2	
Equipos para uso industrial distinto de la minería	CE	XXX		II	1	G
					2	D
					3	G/D

La relación entre la categoría de un equipo de trabajo y la zona ATEX definida en una evaluación, se refleja en la siguiente tabla:

ZONA ATEX	CATEGORIA EQUIPOS	CONDICIONES
ZONA 0	1 G	<ul style="list-style-type: none"> - mezclas gas/aire - mezclas vapor/aire - niebla
ZONA 1	1 G ó 2 G	<ul style="list-style-type: none"> - mezclas gas/aire - mezclas vapor/aire - niebla
ZONA 2	1 G, 2 G ó 3 G	<ul style="list-style-type: none"> - mezclas gas/aire - mezclas vapor/aire - niebla
ZONA 20	1 D	<ul style="list-style-type: none"> - mezclas polvo/aire
ZONA 21	1 D ó 2 D	<ul style="list-style-type: none"> - mezclas polvo/aire
ZONA 22	1 D, 2 D ó 3 D	<ul style="list-style-type: none"> - mezclas polvo/aire

G: gas; D: polvo (“*dust*”)

Si la valoración de los riesgos de explosión, pone de manifiesto que el grado de riesgo previsible para los trabajadores y para terceros es anormalmente elevado, podrá resultar necesario un grado de protección mayor para los aparatos y equipos de trabajo elegidos.

El objetivo de la clasificación por zonas en una instalación determinada, es doble (según ATEX 1999/92/CE):

- Precisar las **categorías** de material utilizado en las zonas indicadas, a condición de que éstas estén adaptadas a los gases, vapores o niebla y/o polvo.
- Clasificar por zonas los emplazamientos peligrosos para evitar las fuentes de ignición y para realizar una selección correcta de los materiales eléctricos y los no eléctricos. Estas zonas serán establecidas en función de la presencia de distintos ambientes explosivos, gaseoso o polvoriento.

Para materiales eléctricos, la legislación (Directiva ATEX 94/9/CE) establece la siguiente clasificación:

- **GRUPO I:** Material eléctrico destinado a las minas con grisú (instalaciones subterráneas y de superficie en minas).
- **GRUPO II:** Material eléctrico destinado a lugares sometidos a ambientes explosivos diferentes de las minas con grisú (industrias de superficie).

Como se ha indicado con anterioridad, el *mercado normativo* permitirá orientar 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 *mercado normativo*, a saber:

1. Mercado de equipos eléctricos para uso en atmósferas explosivas
2. Mercado de equipos no eléctricos

A continuación describimos una serie de indicaciones relativas a posibles elementos que pueden aparecer en ambos tipos de *mercado normativo* (se obvian elementos obligatorios en dicho mercado, tales como denominación del fabricante, número de serie, etc.).

Es necesario realizar una distinción entre:

- A. material eléctrico para atmósferas explosivas debidas a gases y vapores inflamables y
- B. 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 a continuación:

1º.- MARCAS COMUNES:

EEx ó **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”.

Tª AMBIENTE EN SERVICIO, el material eléctrico habitualmente se diseña para su empleo en un rango de temperaturas ambiente entre -20°C y $+40^{\circ}\text{C}$; en caso de que se diseñe para un rango diferente, se considera un rango especial y debe ser marcado específicamente, incluyendo el símbolo T_a o T_{amb} , seguido del rango especial de temperatura (ejemplo, $-35^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq 40^{\circ}\text{C}$). 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.

2º.- MARCAS ESPECÍFICAS PARA ATMÓSFERAS GASEOSAS.

Símbolo del **MODO DE PROTECCIÓN**, que hace referencia al modo o, los modos, 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:

SÍMBOLO	MODO	NORMA
“d”	Revestimiento antideflagrante	EN 50018
“e”	Seguridad aumentada	EN 50019
“i”	Seguridad intrínseca “ia” “ib”	EN 50020
“m”	Encapsulado	EN 50028
“n”	No incendiario	EN 50021
“o”	Inmersión en aceite	EN 50015
“p”	Sobrepresión interna	EN 50016
“q”	Llenado pulvurulento	EN 50017

En el marcado, el modo de protección principal aparecerá el primero (a la izquierda) y a continuación los modos de protección complementarios. 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**, mientras que 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 DE MATEIAL ELÉCTRICO**, que 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. Los grupos de gases (A, B y C) se determinan normativamente (anexo A de la norma UNE-EN 50014) en función de dos parámetros de ensayo denominados Corriente Mínima de Inflamación (CMI), indicativo de la sensibilidad al arco eléctrico, e Intersticio Experimental Máximo de Seguridad (IEMS), correspondiendo el grupo A, a los valores más altos de dichos parámetros (gases menos inflamables) y el C a los valores más bajos (gases más inflamables). La correlación entre el grupo de certificación y grupos de gases en los que es posible su utilización es la que se refleja en la tabla siguiente:

TIPO DE CERTIFICACIÓN	GRUPO DE GASES DE UTILIZACIÓN
II C	II A, II B, II C
II B	II A, II B
II A	II A

Complementariamente, puede establecerse el mercado para un gas particular. En este caso, el símbolo II se completará con la fórmula química de dicho gas (por ejemplo, IIH₂).

Símbolo de la **CLASE DE TEMPERATURA**, que hace referencia a la temperatura superficial máxima permitida para la clase térmica, según se indica en la siguiente tabla:

CLASE TÉRMICA	Tª SUPERFICIAL MÁXIMA PERMITIDA (°C)
T1	450°
T2	300°
T3	200°
T4	135°
T5	100°
T6	85°

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). 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 menor temperatura de inflamación de las atmósferas explosivas implicadas. *No debe confundirse* con el punto de inflamación (punto de ignición, punto de destello, “flash point”).

El cuadro siguiente, relaciona la pertenencia de algunas mezclas gaseosas con los grupos:

Grupos	Gases	Tª de inflamación	Clases de Temperaturas						
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	
I	Metano (grisú)								
II	A	Acetona	540 °C	x					
		Acido acético	485 °C	x					
		Amoníaco	630 °C	x					
		Etano	515 °C	x					
		Cloruro de metilo	556 °C	x					
		Metano (CH ₄)	595 °C	x					
		Oxido de carbono	605 °C	x					
		Propano	470 °C	x					
	B	n-butano	365 °C		x				
		n-butil	370 °C		x				
		Sulfuro de hidrógeno	270 °C			x			
		n-hexano	240 °C			x			
		Acetaldehido	140 °C				x		
		Eter etílico	170 °C				x		
	C	Nitrito de etilo	90 °C					x	
B		Etileno	425 °C		x				
		Oxido de etileno	429-440 °C		x				
C	Acetileno	305 °C		x					
	Sulfuro de carbono	102 °C						x	
	Hidrógeno	560 °C	x						

3º.- MARCAS ESPECÍFICAS PARA ATMÓSFERAS CON POLVO INFLAMABLE.

Símbolo del **MODO DE PROTECCIÓN**:

SÍMBOLO	MODO
"tD"	Envolvente
"pD"	Presurización
"iaD", "ibD"	Seguridad intrínseca
"maD", "mbD"	Encapsulado

Indicación de la **TEMPERATURA SUPERFICIAL MÁXIMA** del equipo: la temperatura superficial máxima del equipo, marcada como un valor de temperatura, por ejemplo T 135°C. En relación con esta temperatura superficial máxima, deben tomarse en consideración dos limitaciones (una relativa a nubes de polvo y otra relativa a capas de polvo) conforme se indica a continuación:

- Para el caso de *nubes de polvo*, la temperatura superficial máxima del aparato no debe exceder las dos terceras partes de la temperatura de autoignición en °C de la mezcla polvo / aire en cuestión, esto es: $T_{\text{máx.}} = 2/3 T_{\text{cl}}$, 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	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.

En la MI-BT 026 se indica que 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.

Los equipos de trabajo móviles que por su tipo de servicio, puedan llegar a emplearse en áreas de riesgo de clasificación diversa, deberán elegirse atendiendo a la situación de riesgo mayor.

Podrá hacerse una excepción a este criterio cuando, durante el tiempo utilización de los equipos móviles en un área de riesgo, sea posible garantizar su funcionamiento seguro mediante las medidas organizativas pertinentes. Estas medidas deben detallarse en el permiso de trabajo y/o en el documento de protección contra explosiones.

1.7.2.- Montaje y Emplazamiento de los Equipos de Trabajo.

Los equipos de trabajo y sus dispositivos de conexión deberán ser montados, instalados y utilizados en emplazamientos tales que, no puedan provocar ninguna explosión.

Sólo podrá autorizarse su puesta en servicio si la valoración de los riesgos de explosión determina que su utilización no puede entrañar la ignición de una atmósfera explosiva.

El empresario deberá asegurarse de que los equipos de trabajo empleados son apropiados para funcionar en las condiciones efectivas de servicio y utilización.

1.8.- Señalización.

Hay que tener en cuenta, que la señalización de seguridad, es una medida preventiva (colectiva) complementaria de otras a las que no puede sustituir.

Por sí sola, no debería existir como tal medida preventiva, siendo uno de los últimos eslabones de una cadena de actuaciones preventivas.

1.8.1.- Señalización de zonas ATEX.

Se deberán señalar los accesos y 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.

Las *zonas con riesgo de atmósferas explosivas*, se indicarán mediante la señal de peligro / advertencia siguiente:

- Forma triangular
- Letras y bordes en negro sobre fondo amarillo (al menos el 50% de la superficie)



Son requisitos específicos de la señalización, los siguientes:

- a) La señalización puede completarse con otras explicaciones que indiquen, por ejemplo, el modo y frecuencia de aparición de una atmósfera explosiva peligrosa (sustancia y zona).
- b) Pueden colocarse otras señales en aplicación del Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, como, por ejemplo, la prohibición de fumar, etc...
- c) Cuando el área de riesgo no abarque la totalidad del local sino sólo una parte del mismo, esta área podrá señalizarse mediante un rayado amarillo y negro aplicado, por ejemplo, en el suelo.
- d) No tiene utilidad, en cambio, señalar una parte de instalación plenamente protegida con una construcción resistente a las explosiones.
- e) En el contexto de la formación, debe informarse a los trabajadores de la señalización y de su significado.

1.8.2.- Señalización de Seguridad y Salud en puestos de trabajo.

1.8.2.1.- SEÑALES DE ADVERTENCIA/PELIGRO.

- Forma triangular
- Pictograma negro sobre fondo amarillo (el amarillo deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal), bordes negros.

Como excepción, el fondo de la señal sobre "materias nocivas o irritantes" será de color naranja, en lugar de amarillo, para evitar confusiones con otras señales similares utilizadas para la regulación del tráfico por carretera.



1.8.2.2.-SEÑALES DE PROHIBICIÓN.

- Forma redonda.
- Pictograma negro sobre fondo blanco, bordes y banda (transversal descendente de izquierda a derecha atravesando el pictograma a 45° respecto a la horizontal) rojos (el rojo deberá cubrir como mínimo el 35% de la superficie de la señal)



Prohibido fumar



Prohibido fumar
y encender fuego



Prohibido pasar
a los peatones



Prohibido apagar
con agua



Entrada prohibida
a personas
no autorizadas



Agua no potable



Prohibido a los vehículos
de mantenimiento



No tocar

1.8.2.3.-SEÑALES DE OBLIGACIÓN.

- Forma redonda.
- Pictograma blanco sobre fondo azul (el azul deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal).



1.8.2.4.-SEÑALES RELATIVAS A LUCHA CONTRA INCENDIOS.

- Forma rectangular o cuadrada.
- Pictograma blanco sobre fondo rojo (el rojo deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal).



Manguera para incendios



Escalera de mano



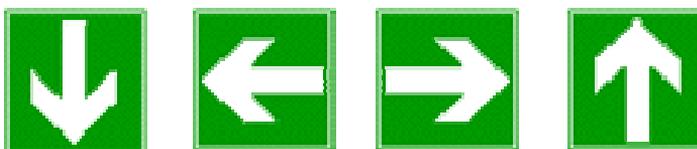
Extintor



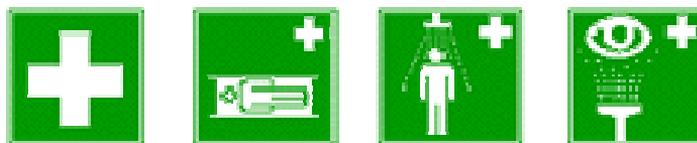
Teléfono para la lucha contra incendios

1.8.2.4.-SEÑALES DE SALVAMENTO O SOCORRO.

- Forma rectangular o cuadrada.
- Pictograma blanco sobre fondo verde (el verde deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal)



Dirección que debe seguirse
(señal indicativa adicional
a las siguientes)



Primeros auxilios

Camilla

Ducha de seguridad

Lavado de
los ojos

1.8.3.- Señalización de Elementos a Presión.

En los recipientes y tuberías visibles, que contengan o puedan contener productos a los que sea de aplicación la normativa sobre

comercialización de sustancias o preparados peligrosos, se puede optar por:

- El etiquetado, según lo dispuesto en la normativa sobre comercialización de sustancias o preparados peligrosos (las etiquetas se pegarían, fijarían o pintarían en sitios visibles de los recipientes o tuberías), o
- La sustitución del etiquetado por las señales de advertencia indicadas en el reglamento CLP (explicado más adelante).

A la hora de identificar instalaciones, existen colores normalizados según UNE 1063, en función del fluido que contienen:

FLUIDO	GRUPO	COLOR
AGUA	1	VERDE OSCURO
VAPOR	2	ROJO FUERTE
AIRE	3	AZUL MODERADO
GASES PARA ALUMBRADO	4	AMARILLO VIVO
LÍQUIDOS Y GASES QUÍMICOS	5	GRIS MEDIO
ACEITES COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	6	PARDO MODERADO
PRODUCTOS NO ESPECIFICADOS	7	NEGRO

Hay que tener en cuenta además, la posible existencia del peligro de rotura de tuberías por impactos, por ejemplo debidos a carretillas móviles. En tales situaciones habría que proteger tales zonas mediante resguardos resistentes a impactos, los cuales deberían estar además señalizados con bandas amarillas y negras y otras informaciones, como por ejemplo la altura máxima de gálibo en la circulación de vehículos.

En el caso de transporte de sustancias o preparados peligrosos en recipientes dentro del lugar de trabajo, se podrían emplear señales en forma de panel de uso reconocido, en el ámbito comunitario, que sustituirían o complementarían a los otros tipos de señalización.

1.8.4.- Señalización de Gases en Bombonas.

Las bombonas, botellas y botellones que contengan gases industriales y mezclas de los mismos, se identificarán mediante el uso de colores y de inscripciones marcadas sobre el recipiente.

Cuerpo de la botella:

- El cuerpo de la botella se pintará dependiendo del grupo de gases que ha contenido.
- La inclusión de un gas en un grupo determinado se realiza en función de las características más sobresalientes del citado gas, lo cual implica que algunos gases de un grupo pueden poseer

simultáneamente propiedades de grupos diferentes.

Ojiva:

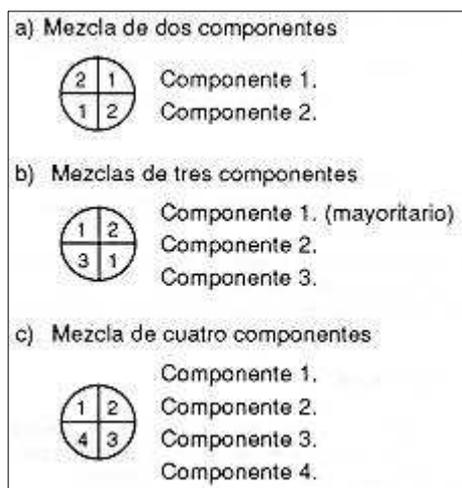
- Cada gas vendrá definido por los colores de la ojiva y una franja de 50 milímetros de ancho.
- Esta franja podrá ser a veces del mismo color de la ojiva.

1.8.4.1.- MEZCLA DE GASES

Las mezclas de gases se pintarán conforme a las siguientes prescripciones:

Mezclas de gases industriales

- El cuerpo de la botella se pintará del color correspondiente al cuerpo del componente mayoritario de la mezcla.
- La ojiva se pintará en forma de cuarterones, con el color correspondiente al de la ojiva de los gases que componen la mezcla, según los siguientes criterios. Deberá pintarse el nombre comercial de la mezcla o sus componentes en la ojiva.



Mezclas de calibración.

- El cuerpo y la ojiva de estas botellas se pintarán de color gris plateado.

1.8.5.- Etiquetado de sustancias peligrosas.

El Reglamento europeo (EC) 1272/2008 para la *clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas*, que entró en vigor el 20 de Enero de 2009, adopta el sistema “UN Globally Harmonised System (GHS)” de clasificación y etiquetado de productos químicos **SGA**, aprobado a nivel mundial.

Este Reglamento (**Reglamento CLP**) modifica el anterior Reglamento EC 1907/2006 de registro, evaluación y autorización de sustancias (reglamento REACH), reemplazando paulatinamente la legislación existente de control de productos químicos que cubre sustancias (67/548/EEC o DSD) y mezclas (1999/45/EC o DPD).

Las fechas de aplicación de la reglamentación CLP son:

Para sustancias: de aplicación a partir del 1 de Diciembre de 2010.

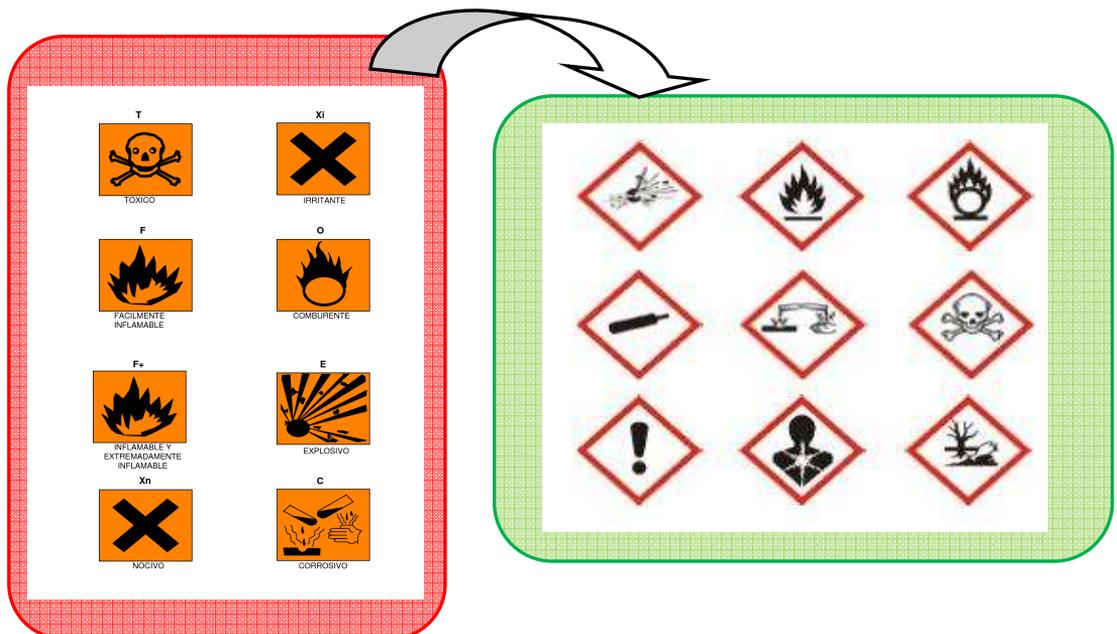
Para mezclas: de aplicación desde el 1 de Junio de 2015, aunque los suministradores pueden adoptar las nuevas reglas de clasificación y etiquetado para mezclas antes de esa fecha.

Existe además un periodo de transición de dos años para vender stocks ya rotulados en el sistema anterior.

a) Modificaciones en los pictogramas:

Los actuales pictogramas de fondo naranja cambian a nueve nuevos pictogramas de fondo blanco con línea de borde roja.

Los pictogramas de peligro son composiciones gráficas que contienen un símbolo negro sobre un fondo blanco, con un marco rojo lo suficientemente ancho para ser claramente visible. Tienen forma de cuadrado apoyado en un vértice y sirven para transmitir la información específica sobre el peligro en cuestión. Cada pictograma deberá cubrir al menos una quinceava parte de la superficie de la etiqueta armonizada y la superficie mínima en ningún caso será menor de 1 cm².



b) Clases y categorías de peligro:

Las clases de peligro definen la naturaleza del peligro físico, para la salud humana o para el medio ambiente que representan las sustancias o sus mezclas. Se dividen en categorías (categorías de peligro) que especifican la gravedad de los peligros dentro de cada clase. La definición de cada una de estas clases, así como la clasificación en las distintas categorías, se exponen en las NTP 880 y 881.

		CLASES	CATEGORÍAS
PELIGROS FÍSICOS	Explosivos		7
	Inflamables	Gases	2
		Líquidos	3
		Sólidos	2
		Aerosoles	2
	Comburentes	Gases	1
		Líquidos	3
		Sólidos	3
Gases a presión		4	
Reacción espontánea		7	

		CLASES	CATEGORÍAS
PELIGROS FÍSICOS	Piróforicos	Líquidos	1
		Sólidos	1
	Calentamiento espontáneo		2
	Con agua desprenden gases inflamables		3
	Peróxidos orgánicos		7
	Corrosivos para metales		1

PELIGROS PARA LA SALUD

	CLASES	CATEGORÍAS
PELIGROS PARA LA SALUD	Toxicidad aguda	4
	Corrosión / irritación cutánea	2
	Lesiones oculares graves/ irritación ocular	2
	Sensibilización respiratoria y cutánea	2
	Mutagenicidad	2
	Carcinogenicidad	2
	Toxicidad para la reproducción y lactancia	3
	Toxicidad específica- exposición única	3
	Toxicidad específica- exposición repetida	2
	Peligro por aspiración	1

PELIGROS PARA EL MEDIOAMBIENTE

	CLASES	CATEGORÍAS
	Peligroso para el medioambiente acuatico	5
	Peligroso para la capa de ozono	1

c) Modificación de las palabras de advertencia:

Estas palabras de advertencia sustituyen a las anteriores indicaciones de peligro (E, O, F, T, Xn, Xi y C). De esta forma, ya de entrada, se indica el nivel de peligro de la sustancia o mezcla identificada.

Las palabras de advertencia indican el nivel relativo de gravedad de los peligros, para alertar al lector de la existencia de un peligro potencial. Deben figurar en la etiqueta y son:

- **Peligro** (“danger”) asociada a las categorías más graves
- **Atención** (“warning”) asociada a las categorías menos graves

d) Modificación frases “R”:

Se sustituyen por *indicaciones de peligro*, que son frases que, asignadas a una clase o categoría de peligro, y que describen la naturaleza de los peligros de una sustancia o mezcla peligrosa, incluyendo, cuando proceda, el grado de peligro. Las indicaciones de peligro (equivalentes a las anteriores frases R), llamadas H (“Hazard”, peligro), se agrupan según peligros físicos (I), peligros para la salud humana (II) y peligros para el medio ambiente (III).

En el Reglamento CLP se han incluido, además, unas indicaciones de peligro “suplementarias” (IV) para cubrir ciertos tipos de peligros no contemplados en las indicaciones provenientes del SGA. Delante de la H correspondiente, llevan las siglas EU. También incluye unos elementos suplementarios o de información que deben figurar en las etiquetas de determinadas mezclas así como una regla particular para el etiquetado de productos fitosanitarios (V).

Finalmente, para algunas indicaciones de peligro, se añaden letras al código de tres cifras (VI).

Si las clases de peligro a indicar son varias, en la etiqueta figurarán todas las indicaciones de peligro resultantes de la clasificación, salvo en caso de duplicación o solapamiento evidentes.

I. INDICACIONES DE PELIGRO FÍSICO.

FRASE	INDICACIÓN DE PELIGRO (FÍSICO)
H200	Explosivo inestable
H201	Explosivo; peligro de explosión en masa.
H202	Explosivo; grave peligro de proyección.
H203	Explosivo; peligro de incendio, de onda expansiva o de proyección.
H204	Peligro de incendio o de proyección.
H205	Peligro de explosión en masa en caso de incendio.
H220	Gas extremadamente inflamable
H221	Gas inflamable
H222	Aerosol extremadamente inflamable
H223	Aerosol inflamable
H224	Líquido y vapores extremadamente inflamables.
H225	Líquido y vapores muy inflamables.
H226	Líquido y vapores inflamables.
H228	Sólido inflamable
H240	Peligro de explosión en caso de calentamiento.
H241	Peligro de incendio o explosión en caso de calentamiento.
H242	Peligro de incendio en caso de calentamiento.
H250	Se inflama espontáneamente en contacto con el aire
H251	Se calienta espontáneamente, puede inflamarse.
H252	Se calienta espontáneamente en grandes cantidades, puede inflamarse.

H260	En contacto con el agua, desprende gases inflamables que pueden inflamarse espontáneamente.
H261	En contacto con el agua, desprende gases inflamables
H270	Puede provocar o agravar un incendio; comburente
H271	Puede provocar un incendio o una explosión; muy comburente
H272	Puede agravar un incendio; comburente.
H280	Contiene gas a presión, peligro de explosión en caso de calentamiento
H281	Contiene un gas refrigerado, puede provocar quemaduras o lesiones criogénicas
H290	Puede ser corrosivo para los metales.

II. INDICACIONES DE PELIGRO PARA LA SALUD.

FRASE	INDICACIÓN DE PELIGRO (PARA LA SALUD)
H300	Mortal en caso de ingestión
H301	Tóxico en caso de ingestión.
H302	Nocivo en caso de ingestión.
H304	Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias
H310	Mortal en contacto con la piel.
H311	Tóxico en contacto con la piel.
H312	Nocivo en contacto con la piel.
H314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves
H315	Provoca irritación cutánea
H317	Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
H318	Provoca lesiones oculares graves.
H319	Provoca irritación ocular grave.

H330	Mortal en caso de inhalación.
H331	Tóxico en caso de inhalación.
H332	Nocivo en caso de inhalación.
H334	Puede provocar síntomas de alergia o asma, o dificultades respiratorias en caso de inhalación.
H335	Puede irritar las vías respiratorias
H336	Puede provocar somnolencia o vértigos
H340	Puede provocar defectos genéticos.
H341	Se sospecha que provoca defectos genéticos.
H350	Puede provocar cáncer
H351	Se sospecha que provoca cáncer
H360	Puede perjudicar la fertilidad o dañar al feto.
H361	Se sospecha que perjudica la fertilidad o daña al feto
H362	Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna.
H370	Provoca daños en los órganos.
H371	Puede provocar daños en los órganos.
H372	Provoca daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas
H373	Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas

III. INDICACIONES DE PELIGRO PARA EL MEDIOAMBIENTE.

FRASE	INDICACIÓN DE PELIGRO (PARA EL MEDIOAMBIENTE)
H400	Muy tóxico para los organismos acuáticos.
H410	Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos

	duraderos.
H411	Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
H412	Nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
H413	Puede ser nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

IV. INFORMACIÓN SUPLEMENTARIA SOBRE LOS PELÍGROS.

FRASE	INDICACIÓN DE PELIGRO
EUH 001	Explosivo en estado seco
EUH 006	Explosivo en contacto o sin contacto con el aire
EUH 014	Reacciona violentamente con el agua
EUH 018	Al usarlo pueden formarse mezclas aire-vapor explosivas o inflamables.
EUH 019	Puede formar peróxidos explosivos.
EUH 029	En contacto con el agua libera gases tóxicos.
EUH 031	En contacto con ácidos libera gases tóxicos.
EUH 032	En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos.
EUH 044	Riesgo de explosión al calentarlo en ambiente confinado.
EUH 059	Peligroso para la capa de ozono.
EUH 066	La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.

EUH 070	Tóxico en contacto con los ojos.
EUH 071	Corrosivo para las vías respiratorias.

V. ELEMENTOS SUPLEMENTARIOS O INFORMACIÓN QUE DEBEN FIGURAR EN LAS ETIQUETAS DE MEZCLAS DE SUSTANCIAS CONCRETAS Y PARA FITOSANITARIOS.

FRASE	INDICACIÓN DE PELIGRO
EUH 201/201A	Contiene plomo. No utilizar en objetos que los niños puedan masticar o chupar./Atención!. Contiene plomo.
EUH 202	Cianoacrilato. Peligro. Se adhiere a la piel y a los ojos en pocos segundos. Mantener fuera del alcance de los niños.
EUH 203	Contiene cromo. Puede provocar una reacción alérgica.
EUH 204	Contiene isocianatos. Puede provocar una reacción alérgica.
EUH 205	Contiene componentes epoxídicos. Puede provocar una reacción alérgica.
EUH 206	¡Atención!. No utilizar junto con otros productos. Puede desprender gases peligrosos (cloro)
EUH 207	¡Atención!. Contiene cadmio. Durante su utilización se desprenden vapores peligrosos. Ver la información facilitada por el fabricante. Seguir las instrucciones de seguridad.
EUH 208	Contiene <nombre de la sustancia sensibilizante>. Puede provocar una reacción alérgica.
EUH 209/209A	Puede inflamarse fácilmente al usarlo / Puede inflamarse al usarlo.
EUH 210	Puede solicitarse la ficha de datos de seguridad

EUH 401	Sin perjuicio de la información requerida en la Directiva 91/414/CEE, en las etiquetas de los productos fitosanitarios figurará la frase: <i>“A fin de evitar riesgos para las personas y el medioambiente, siga las instrucciones de uso”</i> .
----------------	--

VI. CÓDIGOS ADICIONALES.

FRASE	INDICACIÓN DE PELIGRO
H350i	Puede provocar cáncer por inhalación.
H360F	Puede perjudicar a la fertilidad.
H360D	Puede dañar al feto.
H361f	Se sospecha que perjudica a la fertilidad.
H361d	Se sospecha que daña al feto.
H360FD	Puede perjudicar a la fertilidad. Puede dañar al feto.
H361fd	Se sospecha que perjudica a la fertilidad. Se sospecha que daña al feto.
H360Fd	Puede perjudicar a la fertilidad. Se sospecha que daña al feto.
H360Df	Puede dañar al feto. Se sospecha que perjudica a la fertilidad.

e) Modificación frases “S”:

Se sustituyen por *consejos de prudencia*, que son frases que describen la medida o medidas recomendadas para minimizar o evitar los efectos adversos causados por la exposición a una sustancia o mezcla peligrosa durante su uso o eliminación.

Los consejos de prudencia (equivalentes a las anteriores frases S) se seleccionan de entre los establecidos, debiendo

figurar en las etiquetas para cada clase de peligro. Se agrupan en consejos de prudencia generales (VII), preventivos (VIII), de respuesta (IX) y de almacenamiento y eliminación (X).

En la etiqueta figurarán todos los consejos de prudencia correspondientes, en principio con un máximo de seis, excepto aquellos que resulten claramente innecesarios, dados la sustancia, mezcla o el envase concretos de que se trate. En el caso de suministrarse al público en general, deberá constar un consejo de prudencia relativo a su eliminación, así como a la del envase. En los demás casos no será necesario tal consejo de prudencia cuando esté claro que la eliminación de la sustancia, la mezcla o el envase no presenta un peligro para la salud humana y para el medio ambiente.

VII. CONSEJOS DE PRUDENCIA GENERALES

FRASE	CONSEJOS DE PRUDENCIA
P101	Si se necesita consejo médico, tener a mano el envase o la etiqueta
P102	Mantener fuera del alcance de los niños.
P103	Leer la etiqueta antes del uso.

VIII. CONSEJOS DE PRUDENCIA PREVENTIVOS.

FRASE	CONSEJOS DE PRUDENCIA
P201	Pedir instrucciones especiales antes del uso.
P202	No manipular la sustancia antes de haber leído y comprendido todas las instrucciones de seguridad.
P210	Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes (El fabricante o el proveedor especificarán las fuentes de ignición aplicables). No fumar.
P211	No pulverizar sobre una llama abierta u otra fuente de ignición.
P220	Mantener o almacenar alejado de la ropa o materiales combustibles. (El fabricante o el proveedor especificarán los materiales incompatibles).
P221	Tomar todas las precauciones necesarias para no mezclar con materias combustibles (El fabricante o el proveedor especificarán los materiales incompatibles).
P222	No dejar que entre en contacto con el aire.
P223	Mantener alejado de cualquier posible contacto con el agua, pues reacciona violentamente y puede provocar una llamarada.
P230	Mantener humedecido con (El fabricante o el proveedor especificarán los materiales apropiados).
P231	Manipular en gas inerte.
P232	Proteger de la humedad.
P233	Mantener el recipiente herméticamente cerrado. (Si el producto es volátil y puede generar una atmósfera peligrosa).
P234	Conservar únicamente en el recipiente original.
P235	Mantener en lugar fresco.
P240	Conectar a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo de recepción. (Si el producto tiene sensibilidad electrostática o puede generar una atmósfera peligrosa).
P241	Utilizar un material eléctrico, de ventilación o de iluminación antideflagrante. (El fabricante o el proveedor especificarán otros

	equipos)
P242	Utilizar únicamente herramientas que no produzcan chispas.
P243	Tomar medidas de precaución contra descargas electrostáticas.
P244	Mantener las válvulas de reducción limpias de grasa y aceite.
P250	Evitar la abrasión/el choque/la fricción. (El fabricante o el proveedor especificarán lo que constituye un manejo descuidado)
P251	Recipiente a presión: no perforar ni quemar, aun después del uso.
P260	No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol. (El fabricante o el proveedor especificarán las condiciones aplicables).
P261	Evitar respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol. (El fabricante o el proveedor especificarán las condiciones aplicables)
P262	Evitar el contacto con los ojos, la piel o la ropa.
P263	Evitar el contacto durante el embarazo/la lactancia.
P264	Lavarse concienzudamente tras la manipulación. (El fabricante o el proveedor especificarán las partes del cuerpo que hay que lavar tras la manipulación).
P270	No comer, beber ni fumar durante su utilización.
P271	Utilizar únicamente en exteriores o en un lugar bien ventilado.
P272	Las prendas de trabajo contaminadas no podrán sacarse del lugar de trabajo.
P273	Evitar su liberación al medio ambiente. (Si no es éste su uso previsto).
P280	Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección. (El fabricante o el proveedor especificarán el tipo de equipo).
P281	Utilizar el equipo de protección individual obligatorio.

P282	Llevar guantes que aíslen del frío/gafas/máscara.
P283	Llevar prendas ignífugas/resistentes al fuego/resistentes a las llamas.
P284	Llevar equipo de protección respiratoria. (El fabricante o el proveedor especificarán el tipo de equipo)
P285	En caso de ventilación insuficiente, llevar equipo de protección respiratoria. (El fabricante o el proveedor especificarán el tipo de equipo).
P231+P232	Manipular en gas inerte. Proteger de la humedad.
P235+P410	Conservar en un lugar fresco. Proteger de la luz del sol.

IX. CONSEJOS DE PRUDENCIA DE RESPUESTA.

FRASE	CONSEJOS DE PRUDENCIA
P301	EN CASO DE INGESTIÓN:
P302	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL:
P303	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo):
P304	EN CASO DE INHALACIÓN:
P305	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS:
P306	EN CASO DE CONTACTO CON LA ROPA:
P307	EN CASO DE exposición:
P308	EN CASO DE exposición manifiesta o presunta:
P309	EN CASO DE exposición o malestar:
P310	Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA o a un médico.
P311	Llamar a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA o a un

	médico.
P312	Llamar a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA o a un médico en caso de malestar.
P313	Consultar a un médico.
P314	Consultar a un médico en caso de malestar.
P315	Consultar a un médico inmediatamente.
P320	Se necesita urgentemente un tratamiento específico (ver Referencia a instrucciones de primeros auxilios en esta etiqueta).
P321	Se necesita un tratamiento específico (ver Referencia a instrucciones de primeros auxilios en esta etiqueta).
P322	Se necesitan medidas específicas (ver Referencia a instrucciones de primeros auxilios en esta etiqueta).
P330	Enjuagarse la boca.
P331	NO provocar el vómito.
P332	En caso de irritación cutánea:
P333	En caso de irritación o erupción cutánea:
P334	Sumergir en agua fresca/aplicar compresas húmedas.
P335	Sacudir las partículas que se hayan depositado en la piel.
P336	Descongelar las partes heladas con agua tibia. No frotar la zona afectada.
P337	Si persiste la irritación ocular:
P338	Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.
P340	Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.
P341	Si respira con dificultad, transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

P342	En caso de síntomas respiratorios:
P350	Lavar suavemente con agua y jabón abundantes.
P351	Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos.
P352	Lavar con agua y jabón abundantes.
P353	Aclararse la piel con agua/ ducharse.
P360	Aclarar inmediatamente con agua abundante las prendas y la piel contaminadas antes de quitarse la ropa.
P361	Quitarse inmediatamente las prendas contaminadas.
P362	Quitarse las prendas contaminadas y lavarlas antes de volver a usarlas.
P363	Lavar las prendas contaminadas antes de volver a usarlas.
P370	En caso de incendio:
P371	En caso de incendio importante y en grandes cantidades:
P372	Riesgo de explosión en caso de incendio.
P373	NO luchar contra el incendio cuando el fuego llega a los explosivos.
P374	Luchar contra el incendio desde una distancia razonable, tomando las precauciones habituales.
P375	Luchar contra el incendio a distancia, dado el riesgo de explosión.
P376	Detener la fuga, si no hay peligro en hacerlo.
P377	Fuga de gas en llamas: No apagar, salvo si la fuga puede detenerse sin peligro.
P378	Utilizar (el fabricante o el proveedor especificarán los medios apropiados, si el agua hace que aumente el riesgo) para apagarlo
P380	Evacuar el área.
P381	Eliminar todas las fuentes de ignición si no hay peligro en hacerlo.
P390	Absorber el vertido para que no dañe otros materiales.
P391	Recoger el vertido.
P301+P310	EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.

P301+P312	EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico si se encuentra mal.
P301+P330 +P331	EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.
P302+P334	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Sumergir en agua fresca/aplicar compresas húmedas.
P302+P350	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar suavemente con agua y jabón abundantes.
P302+P352	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.
P303+P361 +P353	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitarse inmediatamente las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua o ducharse.
P304+P340	EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar
P304+P341	EN CASO DE INHALACIÓN: Si respira con dificultad, transportar a la víctima al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.
P305+P351 +P338	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.
P306+P360	EN CASO DE CONTACTO CON LA ROPA: Aclarar inmediatamente con agua abundante las prendas y la piel contaminadas antes de quitarse la ropa.
P307+P311	EN CASO DE exposición: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.
P308+P313	EN CASO DE exposición manifiesta o presunta: Consultar a un

	médico.
P309+P311	EN CASO DE exposición o si se encuentra mal: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.
P332+P313	En caso de irritación cutánea: Consultar a un médico.
P333+P313	En caso de irritación o erupción cutánea: Consultar a un médico.
P335+P334	Sacudir las partículas que se hayan depositado en la piel. Sumergir en agua fresca/aplicar compresas húmedas.
P337+P313	Si persiste la irritación ocular: Consultar a un médico.
P342+P311	En caso de síntomas respiratorios: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.
P370+P376	En caso de incendio: Detener la fuga, si no hay peligro en hacerlo.
P370+P378	En caso de incendio: Utilizar (el fabricante o el proveedor especificarán los medios apropiados, si el agua hace que aumente el riesgo) para apagarlo.
P370+P380	En caso de incendio: Evacuar la zona.
P370+P380 +P375	En caso de incendio: Evacuar la zona. Luchar contra el incendio a distancia, dado el riesgo de explosión.
P371+P380 +P375	En caso de incendio importante y en grandes cantidades: Evacuar la zona. Luchar contra el incendio a distancia, dado el riesgo de explosión.

X. CONSEJOS DE PRUDENCIA DE
ALMACENAMIENTO Y ELIMINACIÓN.

FRASE	CONSEJOS DE PRUDENCIA
P401	Almacenar (De conformidad con la normativa local, regional, nacional o internacional (especifíquese)).
P402	Almacenar en un lugar seco.

P403	Almacenar en un lugar bien ventilado. (Si el producto es volátil y puede generar una atmósfera peligrosa).
P404	Almacenar en un recipiente cerrado.
P405	Guardar bajo llave.
P406	Almacenar en un recipiente resistente a la corrosión (El fabricante o el proveedor especificarán otros materiales compatibles) con revestimiento interior resistente.
P407	Dejar una separación entre los bloques/los palés de carga.
P410	Proteger de la luz del sol.
P411	Almacenar a temperaturas no superiores a (El fabricante o el proveedor especificarán la temperatura).
P412	No exponer a temperaturas superiores a 50 °C/122°F .
P413	Almacenar las cantidades a granel superiores a (El fabricante o el proveedor especificarán la masa) y a temperaturas no superiores a (El fabricante o el proveedor especificarán la temperatura)
P420	Almacenar alejado de otros materiales.
P422	Almacenar el contenido en (El fabricante o el proveedor especificarán el líquido o el gas inerte apropiados)
P402+P404	Almacenar en un lugar seco. Almacenar en un recipiente cerrado.
P403+P233	Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener el recipiente cerrado herméticamente. (Si el producto es volátil y puede generar una atmósfera peligrosa)
P403+P235	Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener en lugar fresco.
P410+P403	Proteger de la luz del sol. Almacenar en un lugar bien ventilado.
P410+P412	Proteger de la luz del sol. No exponer a temperaturas superiores a 50 °C/122°F.
P411+P235	Almacenar a temperaturas no superiores a (El fabricante o el proveedor especificarán la temperatura). Mantener en lugar fresco.

P501	Eliminar el contenido/el recipiente en (De conformidad con la normativa local, regional, nacional o internacional (especifíquese)).
-------------	---

f) Excepciones:

El Reglamento no es de aplicación a:

- Sustancias y mezclas radiactivas (Directiva 96/29/EURATOM).
- Sustancias y mezclas sometidas a supervisión aduanera.
- Sustancias intermedias no aisladas.
- Sustancias y mezclas destinadas a la investigación y el desarrollo científicos, no comercializadas, siempre que se usen en condiciones controladas de conformidad con la legislación comunitaria sobre el lugar de trabajo y el medio ambiente.
- Residuos, (Directiva 2006/12/CE) siempre y cuando no constituyen una sustancia, mezcla o artículo.
- Transporte de mercancías peligrosas, excepto cuando se trate de envases interiores o intermedios.
- Productos terminados, destinados al usuario final:
 - medicamentos (Directiva 2001/83/CE)
 - medicamentos veterinarios (Directiva 2001/82/CE)

- productos cosméticos (Directiva 76/768/CEE)
- productos sanitarios, (Directivas 90/385/CEE y 93/42/CEE), que sean invasivos o se apliquen en contacto directo con el cuerpo humano (Directiva 98/79/CE)
- alimentos o piensos (Reglamento (CE) 178/2002), inclusive cuando son utilizados:
 - » como aditivos alimentarios en los productos alimenticios (Directiva 89/107/CEE).
 - » como aromatizantes en los productos alimenticios (Directiva 88/388/CEE y Decisión 1999/217/CE)
 - » como aditivos en los piensos (Reglamento (CE) 1831/2003)
 - » en la alimentación animal (Directiva 82/471/CEE).

También puede suspenderse su aplicación cuando, por razones de defensa, los Estados miembros lo consideren necesario, debiéndolo justificar.

En el cuadro que figura a continuación, se resume de manera gráfica, el contenido del Reglamento CLP, así como las distintas equivalencias con el anterior sistema:

1.8.5.2.1.- FICHAS DE SEGURIDAD DE PRODUCTOS QUÍMICOS.

Constituyen una importante fuente de información complementaria de la contenida en la etiqueta.

El fabricante/distribuidor de las sustancias, deberá entregarlas al usuario, ya que contienen información necesaria a la hora de su manipulación. Deben estar redactadas, al menos, en la lengua oficial del Estado e incluirán obligatoriamente la información especificada en los epígrafes:

- Identificación de la sustancia y del responsable de su comercialización.
- Composición/información sobre los componentes
- Identificación de los peligros
- Primeros auxilios
- Medidas de lucha contra incendios
- Medidas en caso de vertido accidental
- Manipulación y almacenamiento
- Controles de la exposición/protección personal
- Propiedades físicas y químicas
- Estabilidad y reactividad
- Información toxicológica
- Información ecológica
- Consideraciones relativas a la eliminación
- Información relativa al transporte
- Información reglamentaria
- Otra información

1.9.- Coordinación de Actividades.

Durante la realización de trabajos de manera simultánea, en la proximidad de personas o actividades de grupos de trabajo independientes entre sí, se puede poner en peligro de manera inadvertida, la seguridad y salud de todo el colectivo presente. Estos peligros se generan sobre todo porque los participantes se concentran en primer lugar en su propia tarea, y a menudo no conocen, o sólo vagamente, el comienzo, la naturaleza y envergadura de los trabajos realizados en su entorno.

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

Por esta razón, en la adjudicación de trabajos, el ordenante y el ejecutor, están sometidos a la obligación de coordinación para no ponerse mutuamente en peligro. Esta obligación de coordinación se corresponde con lo dispuesto en el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en el caso de que se ocupe en un mismo lugar a trabajadores de varios empresarios.

En emplazamientos de obras de construcción deben observarse, además, las disposiciones nacionales en la materia.

En el Documento de Protección Contra Explosiones, se hará constar el objetivo de la coordinación, así como las medidas y procedimientos necesarios, para llevarla a cabo.

1.9.1.- Objetivos.

Como objetivos principales de la coordinación de actividades, cabe destacar:

- 1º) La aplicación coherente y responsable de los principios de la acción preventiva, por parte de las empresas concurrentes en el centro.
- 2º) La aplicación correcta de los métodos de trabajo por las empresas concurrentes en el centro de trabajo.
- 3º) El control de las interacciones de las diferentes actividades desarrolladas en el centro de trabajo, en particular cuando puedan generar riesgos calificados como graves o muy graves o cuando se desarrollen en el centro de trabajo actividades incompatibles entre sí, por su incidencia en la seguridad y la salud de los trabajadores.

4º) 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.

1.9.2.- Modalidades de coordinación.

Cuando en un mismo centro de trabajo, desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa de prevención de riesgos laborales.

Se incluyen dentro del alcance de la coordinación de actividades empresariales, los siguientes supuestos:

1. Concurrencia de trabajadores de varias empresas en un mismo centro de trabajo.
2. Concurrencia de trabajadores de varias empresas en un centro de trabajo, del que un empresario es titular.
3. Concurrencia de trabajadores de varias empresas en un centro de trabajo cuando existe un empresario principal.

1.9.2.1.- CONCURRENCIA DE TRABAJADORES DE VARIAS EMPRESAS EN UN MISMO CENTRO DE TRABAJO.

Aplica a todas las empresas y trabajadores autónomos concurrentes en el centro de trabajo, existan o no relaciones jurídicas entre ellos.

Antes del inicio de la actividad.

Debe Informar a sus trabajadores de los riesgos derivados de la concurrencia de actividades.

Comunicación entre las empresas y trabajadores autónomos concurrentes, sobre los riesgos específicos de las actividades que desarrollen, de tal manera que sea:

- Suficiente.
- Antes del inicio de las actividades.
- Cambio en las actividades concurrentes.
- Por escrito cuando se generen riesgos graves o muy graves.

Durante la ejecución de la actividad

Frente a un accidente de trabajo:

- Informar a los demás empresarios presentes en el centro de trabajo.

Frente a una situación de emergencia:

- Comunicar toda situación de emergencia susceptible de afectar a los otros trabajadores presentes.

1.9.2.2.- CONCURRENCIA DE TRABAJADORES DE VARIAS EMPRESAS EN UN CENTRO DE TRABAJO DEL QUE UN EMPRESARIO ES TITULAR.

El empresario titular del centro de trabajo es aquel que pone a disposición y gestiona el centro de trabajo. Se aplica a todas las empresas y trabajadores autónomos concurrentes en el centro de trabajo, existan o no relaciones jurídicas entre ellos.

Antes del inicio de la actividad.

El empresario titular informará a los empresarios concurrentes en materias de:

- Riesgos propios del centro de trabajo.
- Medidas de prevención.
- Medidas de emergencia.
- Instrucciones para la prevención de riesgos en el centro de trabajo.

Debe informar a sus trabajadores de los riesgos derivados de la concurrencia de actividades.

Comunicación entre las empresas concurrentes sobre los riesgos específicos de las actividades que desarrollen, de manera que:

- Sea suficiente.
- Entregar antes del inicio de las actividades.
- Por cambio en las actividades concurrentes.
- Dar por escrito cuando se generen riesgos graves o muy graves.

Durante la ejecución de la actividad

Frente a un accidente de trabajo:

- Informar a los demás empresarios presentes en el centro de trabajo.

Frente a una situación de emergencia:

- Comunicar toda situación de emergencia susceptible de afectar a los otros trabajadores presentes.

1.9.2.3.- CONCURRENCIA DE TRABAJADORES DE VARIAS EMPRESAS EN UN CENTRO DE TRABAJO CUANDO EXISTE UN EMPRESARIO PRINCIPAL.

El empresario principal, es aquel que contrata actividades o servicios correspondientes a su propia actividad y que se desarrollan en su propio centro de trabajo. Se aplica a todas las empresas y trabajadores autónomos concurrentes en el centro de trabajo, existan o no relaciones jurídicas entre ellos.

Antes del inicio de la actividad.

El empresario principal deberá informar sobre:

- Riesgos propios del centro de trabajo.
- Medidas de prevención.
- Medidas de emergencia.
- Instrucciones para la prevención de riesgos en el centro de trabajo.

Vigilar el cumplimiento de la normativa de Prevención de Riesgos Laborales y comprobar que se han establecido los medios de coordinación necesarios.

Exigir a las empresas evidencias por escrito de:

- Evaluación de riesgos y planificación de su actividad preventiva
- Información y formación de los trabajadores.

Informar a sus trabajadores de los riesgos derivados de la concurrencia de actividades.

Información sobre los riesgos específicos de las actividades que desarrollen:

- Ser suficiente.
- Entregar antes de las actividades.
- Por cambio en las actividades concurrentes.
- Dar por escrito cuando se generen riesgos graves o muy graves.

Durante la ejecución de la actividad

Frente a un accidente de trabajo:

- Informar a los demás empresarios presentes en el centro de trabajo.

Frente a una situación de emergencia:

- Comunicar toda situación de emergencia susceptible de afectar a los otros trabajadores presentes.

1.9.3.- Medios humanos y materiales de coordinación.

Al establecer los medios de coordinación se tendrán en cuenta, el grado de peligrosidad de las actividades que se desarrollen en el centro de trabajo, el número de trabajadores de las empresas presentes en el centro de trabajo y la duración de la concurrencia de las actividades desarrolladas por tales empresas.

Entre los medios de coordinación, más habituales, se encuentran:

- El intercambio de información y de comunicaciones entre las empresas concurrentes.
- La celebración de reuniones periódicas entre las empresas concurrentes.
- Las reuniones conjuntas de los comités de seguridad y salud de las empresas concurrentes o, en su defecto, de los empresarios que carezcan de dichos comités con los delegados de prevención.
- La impartición de instrucciones.
- El establecimiento conjunto de medidas específicas de prevención de los riesgos existentes en el centro de trabajo que puedan afectar a los trabajadores de las

- empresas concurrentes o de procedimientos o protocolos de actuación.
- La presencia en el centro de trabajo de los recursos preventivos de las empresas concurrentes.
 - La designación de una o más personas encargadas de la coordinación de las actividades preventivas.

1.9.4.- Designación del Coordinador de actividades preventivas.

Dependiendo del número de empresas y trabajadores concurrentes, del tipo de actividades desarrolladas, de las características del centro de trabajo o por otras razones, el empresario no siempre está en condiciones de cumplir la obligación de coordinación por sí solo. La responsabilidad de coordinación deberá ser asumida por la figura de un "coordinador".

El empresario titular del centro de trabajo, cuyos trabajadores desarrollen actividades en él, designará a la persona o las personas encargadas de la coordinación de las actividades preventivas.

La función del coordinador consiste básicamente en favorecer el cumplimiento de los objetivos de la coordinación y servir de cauce para el intercambio de informaciones que deben realizar las empresas

concurrentes en el centro de trabajo. Las obligaciones del empresario o del coordinador comprenden, en particular, la realización de visitas sobre el terreno y reuniones de coordinación, así como la planificación, el control y, en su caso, reprogramación de las operaciones en respuesta a ineficiencias.

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

- Conocimientos específicos en el ámbito de la protección contra explosiones.
- Conocimientos específicos en materia preventiva.
- Conocimiento de la estructura organizativa de la empresa.
- Capacidad directiva para imponer la ejecución de las disposiciones necesarias.

1.9.5.- Colaboración Segura.

En empresas con atmósferas explosivas peligrosas, la colaboración puede producirse a diferentes niveles y en todos los sectores. Por consiguiente, a la hora de determinar y ejecutar medidas para prevenir los riesgos mutuos, será necesario tener en cuenta toda actividad realizada por personas conjuntamente o a proximidad, o en interacción

a determinada distancia (por ejemplo, al trabajar en la misma tubería o el mismo circuito eléctrico en emplazamientos diferentes).

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

- durante la fase de planificación,
- durante la fase de ejecución y
- una vez terminados los trabajos.

Para comprobar si durante la ejecución de los trabajos se realizan las medidas de seguridad convenidas, si las personas participantes están suficientemente informadas y si se comportan de conformidad con las medidas de seguridad acordadas, se deben utilizar listados de comprobación o chequeo (Check-List).

1.10.- Documento de Protección Contra Explosiones.

El Documento de Protección Contra Explosiones (DPCE), es un registro documental que evidencia y confirma, que los lugares y los equipos de trabajo, han sido concebidos, utilizados y mantenidos, teniendo debidamente en cuenta la seguridad, y que se han tomado las medidas oportunas para que la utilización, por parte de los trabajadores, de los equipos de trabajo en las zonas de riesgo ATEX, sea segura.

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

En el DPCE, no sólo se definen las medidas dispuestas para mantener los riesgos en niveles admisibles, sino también las medidas a adoptar para ello, que deberán planificarse, con arreglo a la magnitud de los riesgos de explosión previamente evaluados, así como los controles periódicos a adoptar con objeto de asegurar la vigencia de las situaciones consideradas como aceptables.

1.10.1.- Contenido.

El DPCE (documento de protección contra explosiones), debe reflejar, como mínimo lo siguiente:

- 1) Que se han determinado y evaluado los riesgos de explosión.
- 2) Que se tomarán las medidas adecuadas para lograr los objetivos del R.D. 681/2003.
- 3) Las áreas que han sido clasificadas en zonas de conformidad con el Anexo I del R.D. 681/2003.
- 4) Las áreas en que se aplicarán los requisitos mínimos establecidos en el Anexo II del R.D. 681/2003.
- 5) 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.
- 6) Que se han adoptado las medidas necesarias, para que los equipos de trabajo se utilicen en condiciones seguras, de conformidad con el Real Decreto 1215/1997.

1.10.2.- Elaboración del documento.

El DPCE se elaborará antes de que comiencen los trabajos.

Será revisado 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. Es un documento vivo, ya que requiere de actualización permanentemente.

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.

Podrá remitirse a otros documentos, sin necesidad de incluirlos de forma explícita e íntegra en dicho documento.

Formará parte de la documentación a que se refiere el artículo 23 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Deberá estar estructurado lo mejor posible, resultar de fácil lectura y permitir una comprensión global.

Podrá ser aconsejable configurarlo de manera flexible para poder ser ampliado si hiciera falta.

Podrá resultar útil su desglose en una parte general y en otras específicas para cada instalación.

- La parte general describiría la estructura de la documentación y de las medidas aplicables a todas las instalaciones.

- La parte específica a cada instalación enumeraría los riesgos y las medidas de protección correspondientes en cada caso.

Deberá adaptarse a las condiciones operativas existentes en cada caso. Si las condiciones de explotación de una instalación cambian con frecuencia, la valoración y documentación deberán basarse, lógicamente, en el estado operativo más peligroso.

1.10.3.- Estructura del documento.

El DPCE deberá incluir los siguientes capítulos:

1.10.3.1.- DESCRIPCIÓN DEL CENTRO DE TRABAJO.

Se describen los datos, características y sectores de actividad en los que existe peligro de atmósfera explosiva.

La descripción puede incluir, por ejemplo:

- nombre de la empresa,
- tipo de instalación,
- denominación del edificio o del local,

- situación y localización,
- teléfonos de contacto,
- responsables de la empresa, y
- número de trabajadores.

Las particularidades constructivas y geográficas pueden documentarse visualmente, por ejemplo, mediante:

- planos de situación y localización,
- planos de instalaciones.

Deben incluirse los puntos de encuentro (zonas de concentración en caso de evacuación), las salidas de emergencia y las vías de evacuación (internas y externas).

1.10.3.2.- DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS.

Los procesos correspondientes deben describirse con un texto breve acompañado, en su caso, de un diagrama del proceso.

Esta descripción debe incluir todos los equipos y máquinas así como los datos importantes para la protección contra explosiones:

- descripción de las operaciones de trabajo, incluidos el arranque y la parada,

- resumen de los datos de diseño y funcionamiento (p. ej. temperatura, presión, volumen, rendimiento, frecuencia de giro, carburante),
- tipo y envergadura de los trabajos de limpieza, en su caso, y,
- datos sobre la ventilación del local, si procede.

1.10.3.3.- DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS / SUSTANCIAS EMPLEADAS.

Se trata de describir, en particular,

- qué sustancias pueden provocar la formación de una atmósfera explosiva, y
- en qué condiciones del proceso se produce ésta

Resulta útil incluir una lista de los parámetros de seguridad pertinentes para la protección contra explosiones.

1.10.3.4.- EVALUACIÓN DE RIESGOS.

El DPCE, debe incluir una descripción pormenorizada de las zonas dónde puede aparecer una *atmósfera explosiva*.

Puede establecerse una distinción entre el interior de partes de instalaciones y el entorno.

Debe tenerse en cuenta:

- el funcionamiento normal,
- la puesta en marcha/parada,
- la limpieza, y
- las disfunciones.

Cuando haya cambios en los procedimientos o productos, se incluirá el modo de proceder. Las zonas de riesgo (zonas) pueden exponerse tanto en forma de texto como gráficamente, mediante un plano de zonas.

Se exponen los riesgos de explosión y se describe el modo de proceder aplicado en la determinación de los riesgos de explosión.

1.10.3.5.- MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADOPTADAS.

El DPCE, deberá presentar las medidas que se estimen necesarias para la protección contra explosiones. Debe

mencionarse explícitamente el principio de protección perseguido, por ejemplo “prevención de fuentes de ignición efectivas”, etc.

Puede resultar de interés una división en medidas técnicas y organizativas.

Medidas Técnicas:

Preventivas:

Dado que el enfoque de la protección de la instalación se basa, total o parcialmente, en medidas preventivas para evitar una atmósfera explosiva o las fuentes de ignición, es necesaria una descripción detallada de la aplicación de estas medidas

Constructivas:

Dado que la instalación se protegerá mediante la construcción resistente a la explosión, debe describirse la naturaleza, el modo de funcionamiento y la ubicación de esta medida

Medidas Organizativas:

Las medidas de protección organizativas también se describen en el documento de protección contra explosiones. Deben incluir:

- Qué instrucciones de trabajo existen para un determinado puesto o una actividad.
- Cómo se asegura la cualificación de los trabajadores.
- Contenido y frecuencia de la formación, formadores y participantes.
- Cómo se regula la utilización de equipos de trabajo móviles en las áreas de riesgo.
- Cómo se asegura que los trabajadores sólo vistan ropa protectora adecuada.
- Si existe un sistema de permiso para trabajar y cómo está organizado.
- Cómo están organizados los trabajos de mantenimiento, control y comprobación.
- Cómo están señalizadas las áreas de riesgo.

Si existen formularios correspondientes a estos puntos, se pueden incluir como modelo en el documento de protección contra explosiones.

También debe adjuntarse al documento una lista de los equipos de trabajo móviles autorizados para funcionar en atmósferas explosivas.

El nivel de detalle dependerá del tipo y de la envergadura de la operación, así como del grado de riesgo que ésta entraña.

1.10.3.6.- REALIZACIÓN Y CONTROL DE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADOPTADAS. COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES.

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

Cuando en un mismo lugar de trabajo, ejerzan su actividad empresarios de varias empresas, cada empresario será responsable de los ámbitos sometidos a su control. El empresario responsable del lugar de trabajo, será quien coordine la realización de las medidas de protección contra explosiones, e

incluirá en su documento de protección contra explosiones información más detallada sobre las medidas y las modalidades de realización de esta coordinación.

1.10.3.7.- ANEXOS.

Los anexos, pueden contener información y documentación referente a:

- Certificaciones de examen CE de tipo,
- Declaraciones de conformidad “CE” de fabricantes,
- Fichas de datos de seguridad,
- Instrucciones de funcionamiento de aparatos,
- Combustibles o equipos técnicos,
- Planes de mantenimiento pertinentes a efectos de la protección contra explosiones.
- Etc...

II. PROCESOS DE SOLDADURA.

2.1.- Introducción.

Los procesos de soldadura, representan una parte importante dentro de las actividades industriales relacionadas con procesado, fabricación, montaje, construcción y mantenimiento.

En la mayoría de los procesos de soldadura, se requiere la generación de altas temperaturas, para así poder fundir los metales a unir. El tipo de fuente calorífica, se utiliza habitualmente como descripción básica del tipo de procedimiento, por ejemplo: soldadura por gas, soldadura al arco.

Uno de los problemas más importantes en soldadura, es que los metales reaccionan muy rápidamente con la atmósfera cuando sus temperaturas aumentan. El método de proteger el metal fundido del ataque de la atmósfera, es la segunda característica más importante que diferencia un proceso de otro. Las diferentes técnicas comportan desde fluxes de recubrimiento, los cuales forman una escoria protectora, hasta una protección mediante empleo de gas inerte. En algunas ocasiones se elimina la atmósfera mediante vacío.

Algunos procedimientos han sido desarrollados para aplicaciones muy específicas, mientras que otros permanecen flexibles y cubren una amplia gama de actividades de soldadura. A pesar de que la soldadura básicamente se utiliza para unir metales similares e incluso distintos, se utiliza cada vez más para reparar y reconstruir componentes desgastados ó deteriorados.

Cada día aumenta el número de aplicaciones para “recargue duro” de piezas nuevas, el cual aporta una superficie resistente a la corrosión, abrasión, impacto y al desgaste. En estas aplicaciones, el proceso de soldadura se utiliza para depositar una capa de material apropiado sobre una base de material más barato o más resistente.

Introducido por primera vez a finales del siglo XIX, el proceso de soldadura al arco aún permanece como el más ampliamente conocido y utilizado en las técnicas de soldaduras. Como su propio nombre indica, la fuente de calor es un arco eléctrico establecido entre las partes a soldar y un electrodo metálico. La energía eléctrica, transformada en calor, genera una temperatura en el arco de unos 7.000° C (10.000° F), haciendo que los metales se fundan y se unan.

El equipamiento puede variar en tamaño y complejidad, distinguiéndose entre los distintos tipos de protección del arco y los tipos de consumibles o materiales de aportación utilizados.

2.1.1.- Concepto:

La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, (generalmente metales o termoplásticos), usualmente logrado a través de la fusión, en la cual las piezas son soldadas fundiendo ambas y pudiendo agregar un material de relleno fundido (metal o plástico), para conseguir un baño de material fundido (el *baño de soldadura*) que, al enfriarse, se convierte en una unión fija.

A veces la presión es usada conjuntamente con el calor, o por sí misma, para producir la soldadura. Esto está en contraste con la *soldadura blanda (soldering)* y la *soldadura fuerte (brazing)*, que implican el derretimiento de un material de bajo punto de fusión entre piezas de trabajo para formar un enlace entre ellos, sin fundir las piezas de trabajo.

Muchas fuentes de energía diferentes pueden ser usadas para la soldadura, incluyendo una llama de gas, un arco eléctrico, un láser, un rayo de electrones, procesos de fricción o ultrasonido. La energía necesaria para formar la unión entre dos piezas de metal generalmente proviene de un arco eléctrico. La energía para soldaduras de fusión o termoplásticos generalmente proviene del contacto directo con una herramienta o un gas caliente.

2.1.2.- Uniones Soldadas y Corte:

Unión soldada:

Enlace de dos a más materiales produciendo una continuidad en la naturaleza de los materiales por medio de calor y / o presión y con o sin la utilización de material de aportación.

Diferenciamos claramente la unión soldada por fusión, como aquella que conlleva una fusión localizada sin aplicación de fuerza exterior, en la que las superficies a unir se funden con o sin adición de material de aportación.

La tecnología de unión soldada por fusión, se está utilizando ampliamente para fabricar productos y estructuras en la industria manufacturera y, en algunas empresas, es el factor clave de su producción.



Los productos abarcan un amplio abanico de aplicaciones, desde las más simples a las más complejas, incluyendo recipientes a presión, equipos domésticos y agrícolas, grúas, puentes y todo tipo de vehículos de transporte.

La tecnología de unión soldada ejerce una profunda influencia en el coste de fabricación y la calidad del producto. En este sentido, debe asegurarse que la tecnología se aplica de la forma más efectiva posible y que los controles más apropiados se ejecutan en todos los procesos operativos. Para que los productos estén libres de problemas durante la fabricación y el servicio, es necesario establecer controles desde la fase de diseño, pasando por la selección de materiales, la fabricación y la inspección.

Dentro de la familia de normas ISO 9000, la tecnología de unión soldada debe tratarse como proceso especial, ya que las uniones no pueden ser totalmente verificadas por inspección y ensayo del producto y garantizar así el cumplimiento de los requisitos de calidad.

Corte:

El corte de acero con soplete es un proceso de producción importante. Un soplete manual simple para corte con flama, difiere del soplete para soldadura en que tiene varios agujeros pequeños para flamas de precalentamiento que rodean un agujero central a través del cual pasa oxígeno puro.

Las flamas de precalentamiento son exactamente como las flamas para soldar y sólo se destinan para precalentar al acero antes de la operación de corte. El principio bajo el que opera el corte con flama, es que el oxígeno tiene afinidad por el hierro y el acero. Esta acción es lenta a temperaturas ordinarias, pero eventualmente toma cuerpo un óxido en forma de herrumbre.

Conforme aumenta la temperatura del acero, esta acción se hace mucho más rápida. Si se calienta el acero al color rojo y se sopla un chorro



de oxígeno puro en la superficie, la acción es casi instantánea y el acero se quema de hacho en un óxido de hierro.

Se requieren cerca de 0.00225 m^3 de oxígeno para quemar 1 cm^3 de hierro. Se puede cortar metal con espesor mayor de 760 mm por medio de este proceso.

Los sopletes para el corte bajo el agua, están provistos de conexiones para tres mangueras: una para el gas de precalentamiento, otra para oxígeno y una más para aire comprimido. La última proporciona una

burbuja de aire alrededor de la punta del soplete para estabilizar la flama y desplazar al agua del área de la punta.

Se usa generalmente gas hidrógeno para la flama de precalentamiento, pues el gas acetileno, no es seguro para operar bajo las altas presiones necesarias para neutralizar la presión creada por la profundidad del agua.

Se han desarrollado diversas máquinas para corte que controlan automáticamente el movimiento del soplete para cortar cualquier forma deseada.

2.2.- Sistemas y procesos de soldadura.

Hasta el final del siglo XIX, el único proceso de soldadura era la soldadura de fragua, que los herreros han usado por siglos para juntar metales calentándolos y golpeándolos. La soldadura por arco y la soldadura a gas estaban entre los primeros procesos en desarrollarse tardíamente en el siglo, siguiendo poco después la soldadura por resistencia. La tecnología de la soldadura avanzó rápidamente durante el principio del siglo XX mientras que la Primera Guerra Mundial y la Segunda Guerra Mundial condujeron la demanda de métodos de junta confiables y baratos. Después de las guerras, fueron desarrolladas varias técnicas modernas de soldadura, incluyendo métodos manuales como la Soldadura manual de metal por arco, ahora uno de los más populares métodos de soldadura, así como procesos semiautomáticos y automáticos tales como Soldadura GMAW, soldadura de arco sumergido, soldadura de arco con núcleo de fundente y soldadura por electroescoria. Los progresos continuaron con la invención de la soldadura por rayo Láser y la soldadura con rayo de electrones a mediados del siglo XX. Hoy en día, la ciencia continúa avanzando. La soldadura robotizada está llegando a ser más corriente en las instalaciones industriales, y los investigadores continúan desarrollando nuevos métodos de soldadura y ganando mayor comprensión de la calidad y las propiedades de la soldadura.

Se dice que es un sistema porque intervienen los elementos propios de este, es decir, las 5 M's: mano de obra, materiales, máquinas, medio ambiente y medios escritos (procedimientos). La unión satisfactoria implica que debe pasar las pruebas mecánicas (tensión y dobléz). Las técnicas son los diferentes procesos (SMAW, SAW, GTAW, etc.) utilizados para la situación más conveniente y favorable, lo que hace que sea lo más económico, sin dejar de lado la seguridad.

2.2.1.- Soldadura eléctrica.

Usa la electricidad como fuente de energía para la unión metálica.

2.2.1.1.- SISTEMAS DE ARCO MANUAL (ELECTRODO)

Estos procesos usan una fuente de alimentación para soldadura para crear y mantener un arco eléctrico entre un electrodo y el material base para derretir los metales en el punto de la soldadura. Pueden usar tanto corriente continua (DC) como alterna (AC), y electrodos consumibles o no consumibles los cuales se encuentran cubiertos por un material llamado revestimiento. A veces, la región de la soldadura es protegida por

un cierto tipo de gas inerte o semi-inerte, conocido como gas de protección, y el material de relleno a veces es usado también.

El sistema de soldadura Arco Manual, se define como el proceso en que se unen dos metales mediante una fusión localizada, producida por un arco eléctrico entre un electrodo metálico y el metal base que se desea unir.

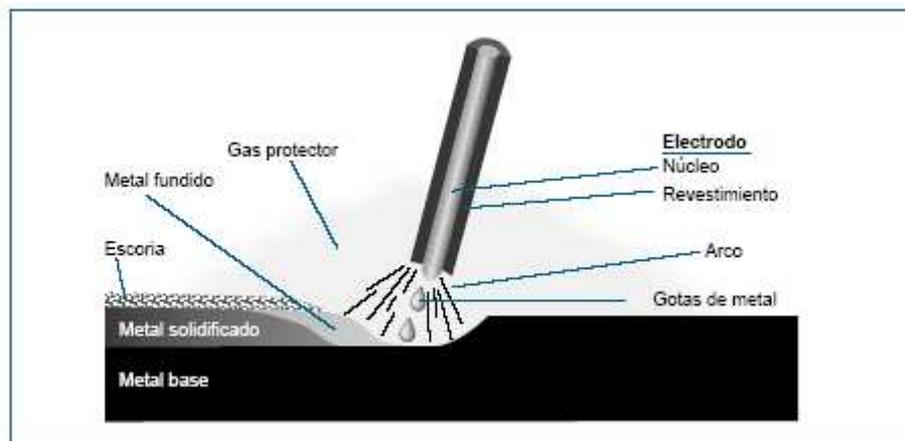
La soldadura al arco se conoce desde fines del siglo pasado. En esa época se utilizaba una varilla metálica descubierta que servía de metal de aporte.

Pronto se descubrió que el oxígeno y el nitrógeno de la atmósfera eran causantes de fragilidad y poros en el metal soldado, por lo que al núcleo metálico se le agregó un revestimiento que al quemarse se gasificaba, actuando como atmósfera protectora, a la vez que contribuía a mejorar notablemente otros aspectos del proceso.

El electrodo consiste en un núcleo o varilla metálica, rodeado por una capa de revestimiento, donde el núcleo es transferido hacia el metal base a través de una zona eléctrica generada por la corriente de soldadura.

El revestimiento del electrodo, que determina las características mecánicas y químicas de la unión, está constituido por un conjunto de componentes minerales y orgánicos que cumplen las siguientes funciones:

1. Producir gases protectores para evitar la contaminación atmosférica y gases ionizantes para dirigir y mantener el arco.
2. Producir escoria para proteger el metal ya depositado hasta su solidificación.
3. Suministrar materiales desoxidantes, elementos de aleación e hierro en polvo.



a) ELECTRODOS PARA SOLDAR ACERO AL CARBONO

Procedimiento para soldar Acero al Carbono

Los mejores resultados se obtienen manteniendo un arco mediano, con lo que se logra una fusión adecuada, permitiendo el escape de gases además de controlar la forma y apariencia del cordón.

Para filetes planos y horizontales, conviene mantener el electrodo en un ángulo de 45° respecto a las planchas, efectuar un pequeño avance y retroceso del electrodo en el sentido de avance. Con ello se logra una buena fusión al avanzar, se controla la socavación y la forma del cordón al retroceder al cráter.

Para filetes verticales ascendentes, se mantiene el electrodo perpendicular a la plancha moviéndolo en el sentido de avance. El movimiento debe ser lo suficientemente rápido y la corriente adecuada para permitir alargar el arco y no depositar cuando se va hacia arriba, para luego bajar al cráter y depositar el metal fundido, controlando la socavación y ancho del cordón.

La soldadura sobrecabeza, se ejecuta en forma similar a la horizontal, pero la oscilación en el sentido de avance debe ser mayor para permitir que el metal depositado en el cráter se solidifique.

Cuando se suelda vertical descendente, el cordón de raíz se hace con un avance continuo, sin oscilar, y la fuerza del arco se dirige de tal manera que sujete el baño de fusión. Para los pases sucesivos se puede usar una oscilación lateral.

b) ELECTRODOS PARA ACEROS DE BAJA ALEACION

Procedimiento para Soldar

Los mejores resultados se obtienen manteniendo un arco mediano, con lo que se gana una fusión adecuada, permitiendo el escape de gases además de controlar la forma y apariencia del cordón. Para filetes planos

y horizontales, conviene mantener el electrodo en un ángulo de 45° respecto a las planchas y efectuar un pequeño avance y retroceso del electrodo en el sentido de avance. Con ello se logra una buena fusión al avanzar, se controla la socavación y la forma del cordón al retroceder al cráter.

Para filetes verticales ascendentes, se mantiene el electrodo perpendicular a la plancha moviéndolo en el sentido de avance. El movimiento debe ser lo suficientemente rápido y la corriente adecuada para permitir alargar el arco y no depositar cuando se va hacia arriba, para luego bajar al cráter y depositar el metal fundido, controlando la socavación y ancho del cordón.

La soldadura de sobrecabeza se hace en forma similar a la horizontal, pero la oscilación en el sentido de avance debe ser mayor para permitir que el metal depositado en el cráter se solidifique.

Cuando se suelda vertical descendente, el cordón de raíz se hace con un avance continuo, sin oscilar, y la fuerza del arco se dirige de tal manera que sujeta el baño de fusión. Para los pases sucesivos se puede usar una oscilación lateral.

c) ELECTRODOS PARA ACEROS DE BAJA Y MEDIANA ALEACION (BAJO HIDROGENO)

Procedimiento para Soldar

El procedimiento para soldar todos los electrodos de Bajo Hidrógeno es básicamente el mismo. Las aleaciones incorporadas a sus revestimientos no afectan las características de operatividad de los electrodos.

Para los que poseen hierro en polvo se debe usar una corriente ligeramente mayor (EXX18), que para aquellos que no lo contengan (EXX16).

El arco debe mantenerse lo más corto posible en todo momento, pudiéndose usar una oscilación muy suave para controlar la forma y ancho del cordón. En soldaduras de varios pases, toda la escoria debe ser removida y la limpieza del cordón debe ser efectuada a conciencia.

Soldaduras en plano.

Esta soldadura debe ser hecha con el mayor amperaje permitido por diámetro, para asegurar una buena fusión en los costados. Se puede usar una oscilación de 2 1/2 veces el diámetro del electrodo, aunque se recomienda, para soldaduras anchas, varios cordones angostos.

Soldadura vertical.

El cordón de raíz debe hacerse ascendente, con un arco corto y muy poco movimiento en sentido de avance. El electrodo no debe ser movido bruscamente hacia arriba y por ningún motivo alargar el arco. Es preferible para este cordón usar un movimiento en forma de “V”.

El electrodo se mantiene un instante en el vértice de la “V” para lograr penetración y remoción de escoria. El largo de la “V” no debe ser mayor de 1/8". El segundo cordón y los sucesivos pueden hacerse con un movimiento oscilatorio de lado a lado, deteniéndose en los costados para permitir que la escoria atrapada en el primer cordón pueda salir a la superficie.

Soldadura sobrecabeza.

Se recomienda hacerlo con cordones angostos y mantener el electrodo en un ángulo de 30° respecto a la cara vertical.

Soldadura horizontal.

Los filetes horizontales deben hacerse con un cordón angosto, con el electrodo dirigido dentro de la unión en un ángulo de 45°. El cordón angosto debe hacerse también en los pases subsiguientes.

d) ELECTRODOS PARA ACEROS INOXIDABLES

¿Qué es un acero inoxidable?

Los aceros inoxidable son simplemente aleaciones compuestas por hierro (Fe), Carbono (C) y Cromo (Cr). El hierro es el elemento fundamental de todos los aceros inoxidable. Sin embargo, para hacer que el hierro sea "inoxidable" el contenido de cromo en solución debe ser por lo menos de un 11,5%. Se adicionan otros elementos de aleación (Ni, Mo, V, Ti, Nb) con el fin de mejorar ciertas propiedades como son: ductibilidad, resistencia al impacto, resistencia al creep, resistencia a la corrosión, calor, etc.

Tipos de Aceros Inoxidables:

Desde el punto de vista metalúrgico, los aceros inoxidable están agrupados dentro de tres tipos básicos, de acuerdo a su microestructura: Martensíticos, Ferríticos y Austeníticos.

Martensíticos:

Estos aceros contienen entre 11,5% a 18% de cromo, como su principal elemento de aleación. Algunos ejemplos de este grupo son los aceros martensíticos AISI 410, 416, 420, 431, 501 y 502.

En la soldadura de los aceros martensíticos (aceros autotemplables) se pueden producir tensiones y por consiguiente grietas, si no se adoptan las precauciones convenientes.

Siempre que sea posible debe emplearse como metal de aporte aleaciones austeníticas (Ej. AISI 309-310) para

absorber las tensiones en las zonas cercanas al cordón y así evitar grietas.

Es conveniente precalentar entre 300-350°C las piezas que van a ser soldadas. Después de la soldadura y una vez enfriadas las piezas se recomienda un revenido de 600 a 700°C.

La resistencia óptima a la corrosión de estos aceros se obtiene efectuando tratamientos térmicos de temple y revenido a las temperaturas requeridas, sin embargo, esta resistencia a la corrosión no es tan buena como en los aceros austeníticos o ferríticos.

Su campo de acción está en piezas que están sometidas a corrosión y que requieren de cierta resistencia mecánica. Se utilizan generalmente en aletas para turbinas, rodetes de turbinas hidráulicas, fundiciones resistentes a la corrosión, cuchillería, piezas de válvulas, etc.

Ferríticos:

Los aceros inoxidables ferríticos contienen entre 17% y 27% de cromo. Ejemplos de éstos son los aceros AISI 405, 430, 442, 446.

Estos aceros no son endurecibles por tratamiento térmico sino sólo moderadamente mediante trabajo en frío. Son

magnéticos al igual que los martensíticos. Pueden trabajarse en frío o en caliente, pero alcanzan su máxima ductilidad y resistencia a la corrosión en la condición de recocido.

En los aceros ferríticos con un contenido de alto cromo, puede aparecer fase sigma (dura y frágil) cuando se les mantiene durante mucho tiempo a temperaturas cercanas a 470°C. Por otro lado los aceros ferríticos son muy propensos al crecimiento del grano. (850°C - 900°C) inconveniente para la soldadura. Si las piezas a soldar son de dimensiones considerables, se recomienda recalentar las piezas entre 700°C a 850°C, seguido de un enfriamiento rápido.

Como los aceros ferríticos se pueden deformar fácilmente en frío, se utilizan mucho para estampados profundos de piezas, como recipientes para industrias químicas y alimenticias, y para adornos arquitectónicos o automotrices.

Austeníticos:

Estos son los aceros inoxidable al cromo-níquel (tipo 3XX) y al cromo-níquel-manganeso (tipo 2XX). Son esencialmente no magnéticos en la condición de recocido y no endurecen por tratamiento térmico. El contenido total de níquel y cromo es de por lo menos 23%. Se pueden

trabajar fácilmente en caliente o en frío. El trabajo en frío les desarrolla una amplia variedad de propiedades mecánicas y, en esta condición, el acero puede llegar a ser ligeramente magnético. Son muy resistentes al impacto y difíciles de maquinar. Estos aceros tienen la mejor resistencia a altas temperaturas y resistencia a la formación de escamas de los aceros inoxidables. Su resistencia a la corrosión suele ser mejor que las de los aceros martensíticos o ferríticos.

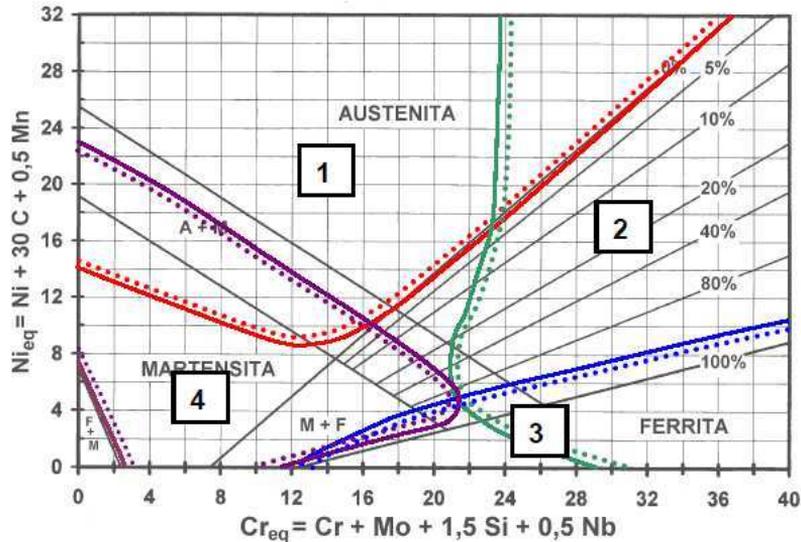
El mayor inconveniente que presenta la soldadura de los aceros austeníticos es la precipitación de carburos que pueden producirse en las zonas cercanas al cordón de soldadura, quedando sensibilizados a la corrosión intergranular. Para evitar esta precipitación se deben soldar las piezas sin precalentamiento y con el menor

aporte de calor posible. Otra posibilidad es emplear aceros austeníticos con porcentaje de carbono menor a 0,03% o aceros austeníticos estabilizados con titanio, niobio o tántalo.

Selección de Electrodo para Acero Inoxidable

Diagrama de Schaeffler:

Diagrama I



El

Diagrama Schaeffler, se usa principalmente para predecir la estructura del metal de soldadura obtenido en la unión de aceros inoxidable disímiles, o de aceros inoxidable con aceros al carbono, con o sin aleación. Para su empleo se parte del cromo y el níquel equivalente del material base y electrodos. Estos se calculan a partir de las fórmulas dadas a continuación, para luego graficarlas en el diagrama I.

Cromo equivalente: $\% Cr + Mo + 1.5 \times \% Si + 0.5 \times \% Nb$

Níquel equivalente: $\% Ni + 30 \times \% C + 0.5 \times \% Mn$

Cuando se trata de unir materiales de la misma composición química, el punto correspondiente al metal depositado se encontrará entre la recta trazada por los puntos correspondiente al metal base y al electrodo. Su ubicación

específica dependerá del grado de dilución con que se trabaje. En el proceso arco manual el valor típico es de 30%.

En el caso de materiales disímiles se grafican los puntos correspondientes al cromo y níquel equivalente de ambos materiales base. Se obtiene el punto medio de la recta trazado entre ambos puntos (siempre y cuando los materiales participen en la misma proporción). Después se une este punto con el punto correspondiente al electrodo. La composición del material depositado se encontrará dentro de esta recta y dependerá del porcentaje de dilución (30% para arco manual).

Ejemplo de unión de acero AISI 410 con electrodo austenítico.
(Diagrama II)

Queremos soldar un acero AISI 410 (13% Cr, 8.0% Mn, 0.5% Si y 0.08% C) con un electrodo 309L (24% Cr, 12,5% Ni, 1,8% Mn, 0.5% Si y 0.03% C) y suponemos una dilución del 30% (el metal base colabora con el 30% de la unión y el electrodo con el 70%). ¿Cuál es la composición del cordón resultante?. Representamos la chapa 410 por el punto B (cromo equivalente 13,75%, Ni equivalente 2.8%) y el electrodo 309L por el punto A (cromo equivalente 24.75%, Ni equivalente 14.3%). Cualquier metal que resulte de la mezcla A y B estará en la recta que los une. Dado que hemos supuesto que la dilución es del 30%, el punto C será el resultante del cordón depositado y tendrá un 13% de ferrita. Por tanto es posible esta soldadura sin peligro de fisuración en caliente.

Ejemplo de soldadura disimil (Diagrama III).

Diagrama II

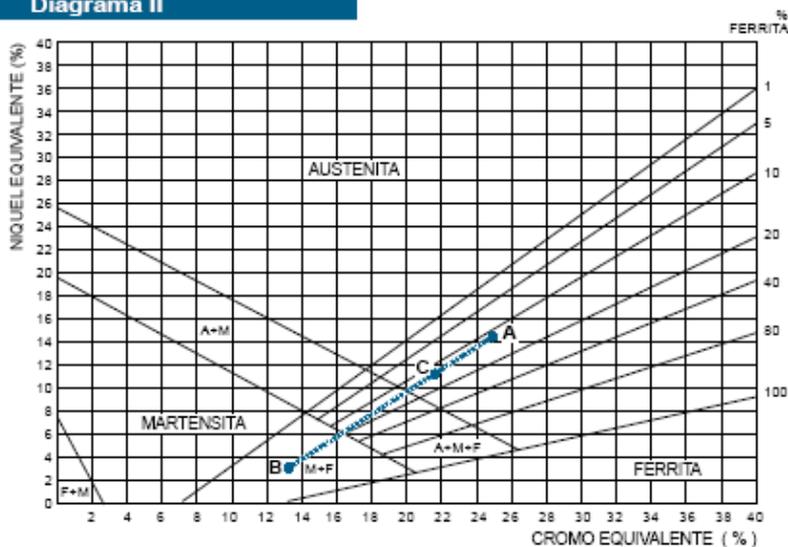
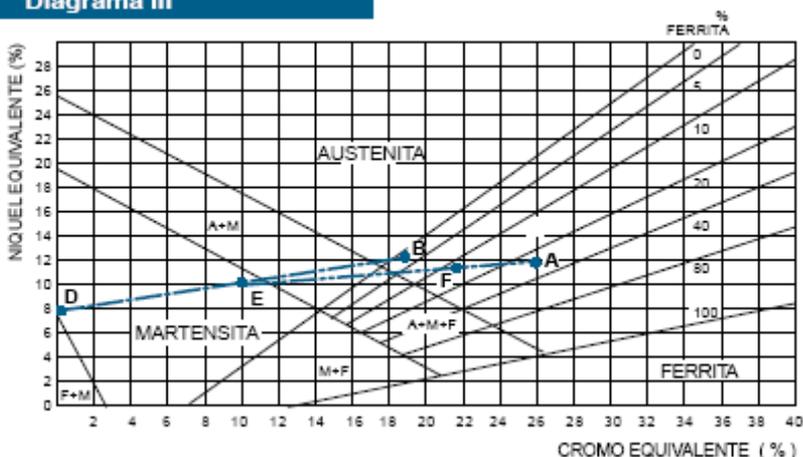


Diagrama III



Supongamos que debemos soldar un acero SAE 1045 (0.45% C, 0.8% Mn) con un acero AISI 316 (18.7% Cr, 12% Ni, 2.0% Mn, 0.5% Si, 0.07% C) empleando un electrodo Indura 29-9 (28% Cr, 9.2% Ni, 2% Mn, 0.7% Si, 0.12% C).

¿Cuál es la composición del cordón resultante?

En el caso de los aceros al carbono debe considerarse un 50% de descarburación al soldar, por lo que en la fórmula del níquel equivalente debe reemplazarse el coeficiente correspondiente al carbono por el valor $15 \times \% C$. De esta forma tenemos que para el acero SAE 1045 el cromo equivalente es igual a cero y el níquel equivalente igual a 7,15%, punto D. En el caso de la chapa AISI 316 tenemos cromo equivalente 21,8% y níquel equivalente 13,9%, punto B. Para el electrodo Indura 29-9 el cromo equivalente es 28% y el níquel equivalente de 13,8%, punto A. Suponemos que ambas chapas (SAE 1045 y 316) participan por igual en la soldadura y que la dilución es del 30%. EL punto E es el resultante de ambas chapas y el punto F el resultante de aplicar el 30% de dilución al segmento AE. Por lo tanto, el cordón resultante tendrá un 10% de ferrita y también es posible esta soldadura sin peligro de fisuración en caliente.

e) ELECTRODOS BASE NIQUEL

Descripción

El electrodo Nicromo 3 se caracteriza por producir un arco suave y estable de transferencia spray. El depósito formado es de excelente apariencia y de fácil desprendimiento de la escoria.

El depósito del electrodo Nicromo 3 se caracteriza por su favorable resistencia a elevadas temperaturas (1.100° C) durante tiempos prolongados, además de su buena resistencia a la corrosión bajo tensiones y fisuración en caliente.

Usos

Este electrodo es apto para unir aleaciones tipo Inconel 625 e Incoloy 825. Recomendado para unión de aleaciones altas en cromo-níquel, entre sí o con aceros inoxidable. Se recomienda además, para revestir aceros al carbono y de baja aleación. Debido a su alto límite elástico, se puede utilizar para unir aceros al níquel (5% y 9% de Ni).

Aplicaciones típicas

- Estanques para transportes criogénicos
- Estanques de almacenamiento de aceros al Ni (5%-9% Ni)
- Asiento de válvulas
- Reparación de maquinaria
- Estanques para productos corrosivos
- Aleaciones 904 y 904L, Inconel 625 e Incoloy 825

Procedimiento de soldadura

Es indispensable limpiar cuidadosamente las partes a soldar para lograr uniones libres de poros y grietas. Usar arco corto con una ligera inclinación.

Para lograr un bajo aporte de calor, es recomendable depositar cordones rectos y angostos con poca o ninguna oscilación.

El precalentamiento depende del metal base, cualquier postcalentamiento puede efectuarse sin peligro de perjudicar las características del depósito.

f) ELECTRODOS PARA SOLDAR HIERRO FUNDIDO

Procedimiento para soldar Hierro Fundido

Las reparaciones en fundición de hierro gris o hierro maleable son los trabajos más comúnmente encontrados en la práctica diaria y son considerados como los trabajos de soldadura más difíciles.

Cuando se suelda hierro fundido con electrodos comunes de acero, se forma una capa dura y frágil adyacente a la soldadura. Esta capa consiste en hierro fundido endurecido superficialmente como resultado del rápido enfriamiento desde una alta temperatura. Si el metal de aporte es acero, éste absorberá considerable cantidad de carbón del hierro fundido,

convirtiéndose en un acero de alto carbono. El resultado será que el depósito de soldadura se endurecerá siendo imposible su mecanizado. Además, cuando se usan electrodos con núcleo de acero, la diferencia de contracciones entre el metal fundido depositado y la fundición, generalmente es causa de problemas serios. La resistencia del metal de aporte es mucho mayor que la del hierro fundido y al producirse la contracción del acero puede desprenderse de la fundición. Debido a estas condiciones, es que los electrodos especiales son necesarios para este tipo de soldadura.

La soldadura del hierro fundido es relativamente fácil, pero sus características químicas y metalúrgicas son tales que deben ser consideradas cuidadosamente para asegurar los mejores resultados.

Algunas de sus características son:

1. Si se calienta a una temperatura alta y luego se enfría rápidamente, el resultado será una fundición blanca, muy dura y difícilmente trabajable mecánicamente.
2. Si se calienta a una temperatura alta y luego se enfría lentamente, el resultado será un hierro fundido gris que es blando y fácilmente trabajable.
3. El hierro fundido es frágil y no se puede doblar o estirar como el acero y consecuentemente si se produce un sobrecalentamiento durante la soldadura, las

contracciones durante el enfriamiento pueden causar grietas en la soldadura misma o en las zonas térmicamente afectadas entre ésta y el metal base.

Las consideraciones anteriores son principalmente las que han establecido un procedimiento fundamental para la soldadura del hierro fundido, independiente del tipo de electrodo utilizado, maquinable o no maquinable, que puede establecerse en los siguientes puntos:

1. Utilizar electrodos de poco diámetro y corriente lo más baja posible, pero suficiente para producir una buena fusión.
2. Hacer soldaduras cortas de no más de dos o tres pulgadas de longitud.
3. Es aconsejable el depósito de cordones delgados, en lugar de cordones anchos y oscilados.

Instrucciones

Para obtener los mejores resultados, es esencial que la unión haya sido adecuadamente preparada. Deben removerse o limpiarse todas las materias extrañas, tales como óxido, grasa y aceites. Especialmente las partes que se han impregnado de aceite, agua u otros agentes pueden requerir un precalentamiento a una temperatura suficientemente alta (300-

370° C) para evaporar los contaminantes antes de la soldadura.

Las uniones deben ser preparadas y biseladas por medios mecánicos, como esmeriles, discos o limas y debe evitarse hacer los biselados o preparaciones con arco eléctrico, ya que este procedimiento tendería a producir hierro fundido blanco, duro y quebradizo en las zonas inmediatamente vecinas a las soldaduras.

El biselado se recomienda aún para secciones delgadas, manteniéndolo siempre al mínimo práctico para evitar los esfuerzos residuales provenientes de la contracción. Como regla general el ángulo total de bisel debe ser de aproximadamente 90° para secciones de 6.35 mm. De espesor o menos, y de 60 a 90° para secciones más pesadas o de mayor espesor.

Es aconsejable, también para disminuir los esfuerzos térmicos, usar electrodos de diámetro pequeño y utilizar siempre amperajes bajos. Además, el precalentamiento es necesario para fundiciones pesadas y la soldadura debe depositarse en cordones cortos, lineales, de dos a tres pulgadas de longitud. Cuando sea posible debe procurarse depositar la soldadura en dos a tres capas, ya que los pases subsiguientes tienen un efecto benéfico de normalizado sobre los primeros. En las soldaduras de hierro fundido es muy importante evitar el calor localizado, causante en la mayoría de los casos de grietas en

el metal base y en la soldadura. Esto se logra haciendo soldaduras intermitentes, permitiendo que el calor se distribuya dentro de la fundición antes de depositar el próximo cordón.

g) ELECTRODOS PARA COBRE-BRONCE

Procedimiento para soldar con Electroodos Cobre-Bronce

La técnica de operación de estos electrodos es totalmente distinta a la empleada en la soldadura del acero al carbono, debido principalmente a la gran diferencia de conductividad térmica, coeficiente de expansión, menor punto de fusión y mayor fluidez a la temperatura de la zona de fusión.

Al soldar cobre y sus aleaciones deberá considerarse los siguientes factores:

1. Dejar una separación mayor en la raíz de las uniones.
2. Emplear ángulos de bisel mayores que los usuales.
3. El punteo de las uniones debe tener un paso menor.
4. Usar temperaturas de precalentamiento.
5. Emplear los rangos de corriente más altos para cada diámetro de electrodo.

Es frecuente el empleo de respaldos de cobre o de grafito, con el objeto de prevenir la sobre fusión en la raíz de las uniones, especialmente al soldar espesores delgados.

Como regla general al soldar cobre y sus aleaciones se recomienda el empleo de temperaturas de precalentamiento del orden de 200°C, y temperaturas entre pasadas de 200°C a 370°C para latones y de 400°C a 550°C para cobre .

El martillado de los depósitos de soldadura no es absolutamente indispensable, pero se emplea para reducir las tensiones y distorsiones en las uniones soldadas, a la vez de mejorar las propiedades mecánicas debido al afinamiento de los granos del depósito.

h) ELECTRODOS PARA ACERO AL MANGANESO

Procedimiento para soldar

El electrodo para soldar Acero al Manganeso ha sido diseñado para obtener gran resistencia a las fisuras. Al estar sometido a fuerte impacto, el depósito endurece rápidamente.

Deben considerarse 4 factores al ejecutar una soldadura al arco en acero al manganeso:

- a) Mantener la temperatura lo más baja posible: se logra usando los amperajes mínimos admisibles y electrodos de menor diámetro. Es recomendable llevar cordones

intermitentes y cortos. Se deberá mantener la zona contigua a la soldadura (1/2" aprox.) a una temperatura menor de 300°C.

b) Mantener al mínimo la dilución entre metal de aporte y metal base: se logra usando amperajes bajos, con corriente continua, electrodo positivo (Se produce mayor calor en el arco). Al producirse la mezcla entre metal base y el metal de aporte, aumenta el contenido de carbono del último, lo que produce cordones frágiles.

c) Depositar cordones de sección suficiente: es fundamental lograr un primer cordón de raíz con una buena sección. Un depósito insuficiente tiende a producir grietas.

d) Reducir tensiones en el metal base y en el metal de aporte: los aceros austeníticos tienden a formar tensiones térmicas debido a su alto coeficiente de dilatación y baja conductividad térmica, produciendo zonas de alta temperatura. Estas tensiones pueden reducirse mediante un martillado neumático. Parte de la tensión de tracción se transforma en compresión, y parte queda anulada.

Técnica del Proceso

Deberá depositarse un cordón oscilado con un ángulo de inclinación de 45° en el sentido de avance. El ancho de la

oscilación no deberá ser mayor a 3 veces el diámetro del electrodo. Se deberá llevar un largo de arco aproximadamente igual al diámetro del electrodo.

Terminado el cordón, se deberá proceder al martillado en el mismo sentido del avance. El martillado deberá efectuarse en cada pasada.

i) ELECTRODOS PARA BISELAR Y CORTAR

Estos electrodos tienen gran importancia en las industrias que requieren efectuar trabajos de corte y biselado, ya que han sido especialmente diseñados y fabricados para cumplir eficientemente estos trabajos.

Procedimiento para Biselar y Cortar

Para biselar use un porta-electrodo convencional, dirigiendo el electrodo en un ángulo aproximado de 30°, con respecto al plano del metal base. Use un movimiento de retroceso para evitar profundizar demasiado.

Una mayor velocidad de avance dará un biselado menos profundo. Esmerile la zona antes de soldar.

Para cortar, dirija el electrodo en dirección al recorrido en un ángulo de 90° con respecto al plano del metal base.

Use un movimiento vertical ascendente y descendente para producir el desprendimiento del material fundido.

2.2.1.2.- SISTEMAS MIG.

El sistema MIG fue introducido a fines del año 1940. El proceso es definido, por la AWS, como un proceso de soldadura al arco, donde la fusión se produce por calentamiento con un arco entre un electrodo de metal de aporte continuo y la pieza, donde la protección del arco se obtiene de un gas suministrado en forma externa.

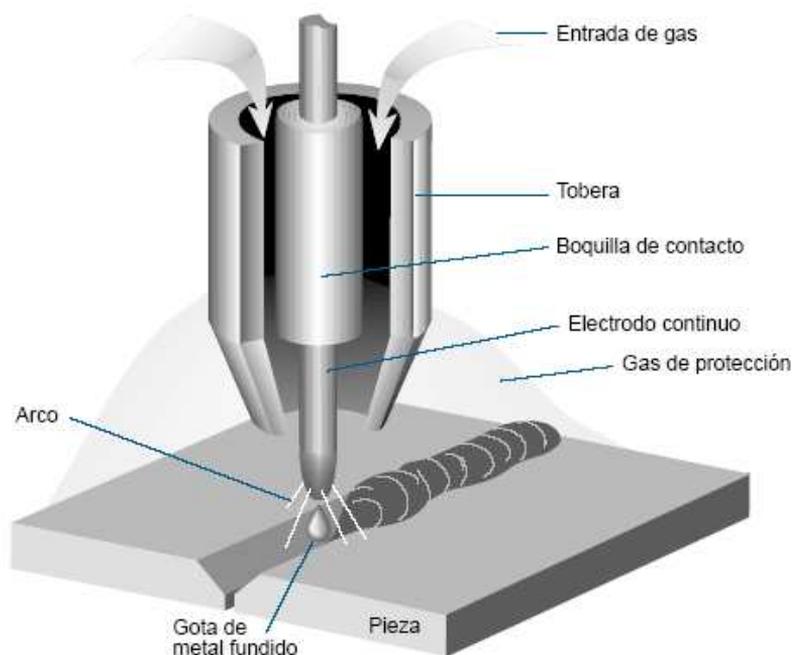
En el sistema MIG, un sistema de alimentación impulsa en forma automática y a velocidad predeterminada el alambre-electrodo hacia o baño de fusión, mientras la pistola de soldadura se posiciona a un ángulo adecuado y se mantiene una distancia tobera-pieza, generalmente de 10 mm.

El sistema MIG posee cualidades importantes al soldar aceros, entre las que sobresalen: cual protege el metal líquido de la contaminación atmosférica y ayuda a estabilizar el arco.

La ilustración siguiente indica esquemáticamente una soldadura por sistema MIG:

1. El arco siempre es visible para el operador.

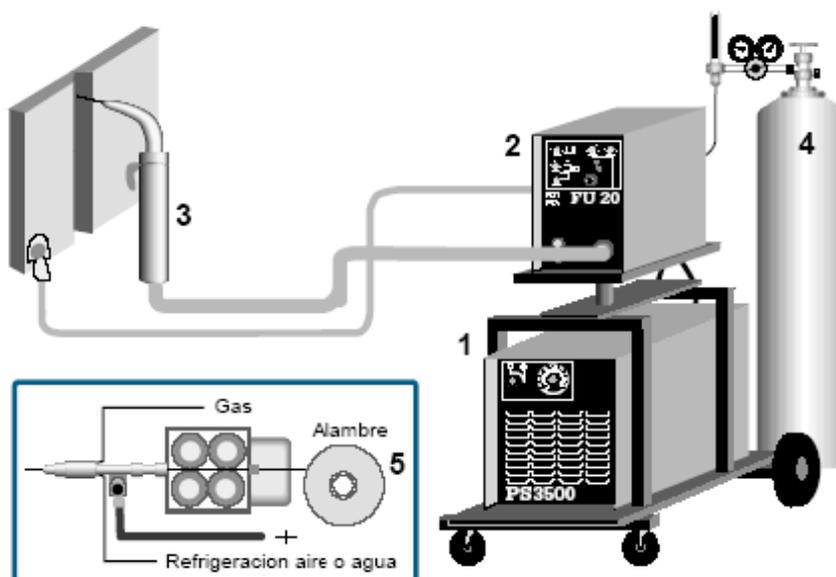
2. La pistola y los cables de soldadura son ligeros, haciendo muy fácil su manipulación.
3. Es uno de los más versátiles entre todos los sistemas de soldadura.
4. Rapidez de deposición.
5. Alto rendimiento.
6. Posibilidad de automatización.



El sistema MIG requiere del siguiente equipo:

1. Una máquina soldadora.

2. Un alimentador que controla el avance del alambre a la velocidad requerida.
3. Una pistola de soldar para dirigir directamente el alambre al área de soldadura.
4. Un gas protector, para evitar la contaminación del baño de soldadura.
5. Un carrete de alambre de tipo y diámetro específico.



El sistema MIG constituye un proceso de soldadura por arco eléctrico, en el cual un alambre es automática y continuamente alimentado hacia la zona de soldadura a una velocidad constante y controlada. El área de soldadura y arco están debidamente

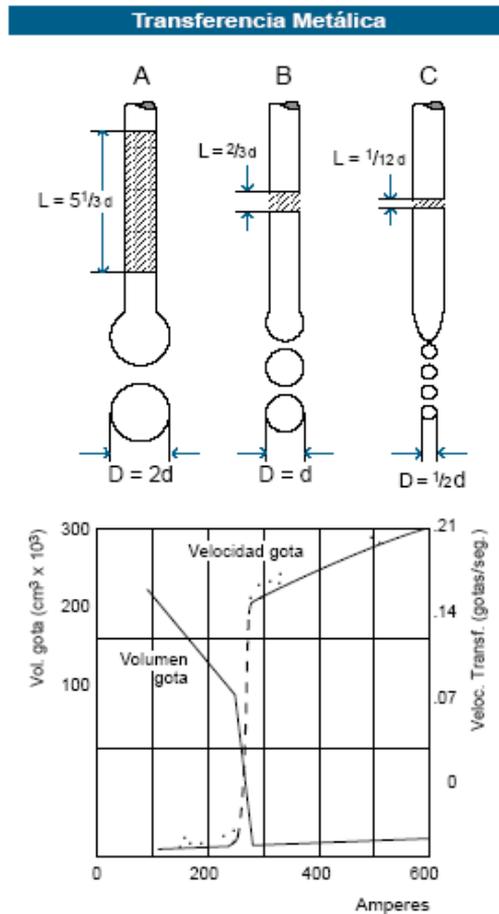
protegidas por una atmósfera gaseosa suministrada externamente, que evita la contaminación.

El voltaje, amperaje y tipo de gas de protección, determinan la manera en la cual se transfiere el metal desde el alambre-electrodo al baño de soldadura. Para comprender mejor la naturaleza de estas formas de transferencia en el sistema MIG, a continuación las detallaremos.

En lo que a la transferencia metálica se refiere (aporte de material), en soldadura MIG, las gotas de metal fundido son transferidas a través del arco, desde un alambre-electrodo alimentado continuamente, a la zona de soldadura. Para un diámetro dado de electrodo (d), con una protección gaseosa, la cantidad de corriente determina el tamaño de las gotas (D) y el número de ellas que son separadas desde el electrodo por unidad de tiempo:

- A. A valores bajos de amperaje, las gotas crecen a un diámetro que es varias veces el diámetro del electrodo antes que éstas se separen. La velocidad de transferencia a bajos amperajes es sólo de varias gotas por segundo.
- B. A valores intermedios de amperaje, el tamaño de las gotas separadas decrece rápidamente a un tamaño que es igual o menor que el diámetro del electrodo, y la velocidad de separación aumenta a varios cientos por segundo.

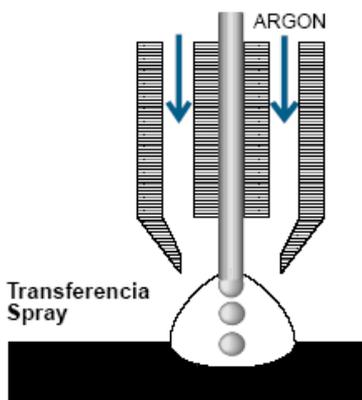
C. A valores altos de amperaje, la velocidad de separación aumenta a medida que se incrementa la corriente, las gotas son bastante pequeñas.



Existen tres formas de transferencia metálica:

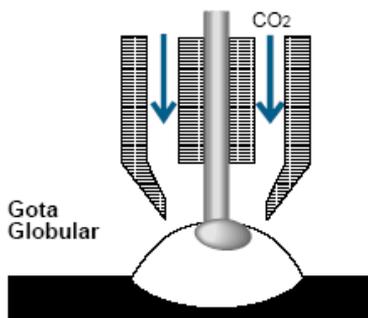
- a) Transferencia "Spray" o de Rocío.
- b) Transferencia "Globular".
- c) Transferencia en "Corto-Circuito".

Transferencia Spray



Transferencia Spray: el metal es transportado a alta velocidad en partículas muy finas a través del arco. La fuerza electromagnética es bastante fuerte para expulsar las gotas desde la punta del electrodo en forma lineal con el eje del electrodo, sin importar la dirección a la cual el electrodo está apuntando. Se tiene transferencia spray al soldar, con Argón, acero inoxidable y metales no ferrosos como el aluminio.

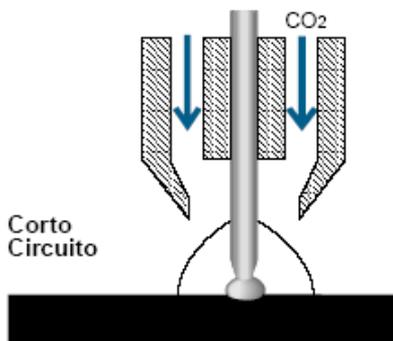
Transferencia Globular



Transferencia Globular: el metal se transfiere en gotas de gran tamaño. La separación de las gotas ocurre cuando el peso de éstas excede la tensión superficial que tiende a sujetarlas en la punta del electrodo. La fuerza electromagnética que actuaría en una dirección para separar la gota, es pequeña en relación a la fuerza de

gravedad en el rango de transferencia globular (sobre 250 A) La transferencia globular se utiliza para soldar acero dulce en espesores mayores a 1/2" (12,7 mm.), en que se requiere gran penetración.

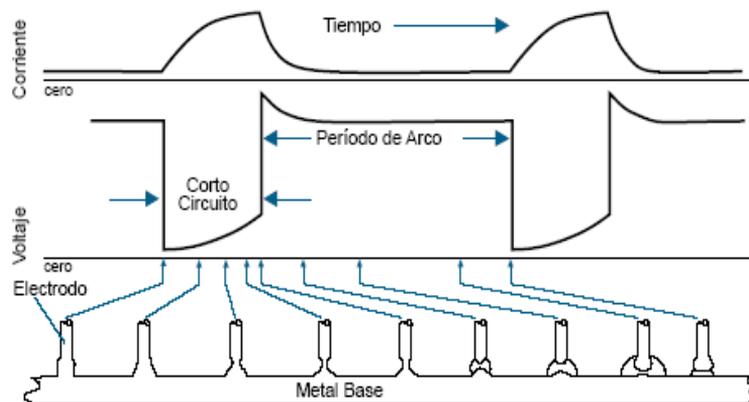
Transferencia por Corto Circuito



Transferencia por Corto Circuito: el metal no es transferido libremente a través del arco, sino que se deposita, cuando la punta del electrodo toca el metal base. Los cortos circuitos producidos por el contacto del electrodo con el baño fundido, ocurren con mucha regularidad, hasta 200 o más

veces por segundo. El resultado final es un arco muy estable usando baja energía (inferior a 250 A) y bajo calor. El bajo calor reduce a un mínimo la distorsión, deformación del metal y otros efectos metalúrgicos perjudiciales. Esta transferencia metálica se obtiene en presencia de dióxido de carbono (CO₂) o Indurmig (Ar-CO₂).

La figura inferior ilustra, por medio de trazos oscilográficos, la secuencia del voltaje y de la corriente durante un ciclo típico de soldadura por corto circuito.



El propósito principal del gas de protección es desplazar el aire en la zona de soldadura y así evitar su contaminación por nitrógeno, oxígeno y vapor de agua. Estas impurezas afectan las propiedades del metal de soldadura.

Se emplean como gases protectores, gases inertes y activos en el sistema MIG.

Cuando se desean soldar metales no ferrosos, se emplean gases inertes debido a que ellos no reaccionan con los metales. Los gases inertes usados en sistema MIG son: Argón, Helio y mezclas de Argón-Helio.

Sin embargo, en la soldadura de metales ferrosos se puede emplear gases inertes o activos. Gases activos como: Dióxido de Carbono, Mezclas de Dióxido de Carbono, o gases protectores que contienen algún porcentaje de Oxígeno. Estos gases no son

químicamente inertes y pueden formar compuestos con los metales.

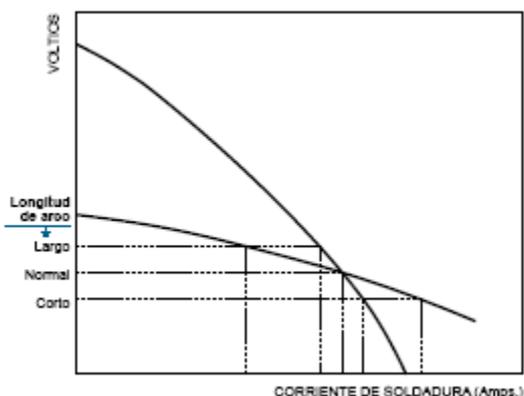
Hay varios factores que es necesario considerar al determinar el tipo de gas de protección a emplear. Estos son:

- Tipo de metal base.
- Características del arco y tipo de transferencia metálica.
- Velocidad de soldadura.
- Tendencia a provocar socavaciones.
- Penetración, ancho y forma del depósito de soldadura.
- Disponibilidad.
- Costo del gas.
- Requerimientos de propiedades mecánicas.

El siguiente cuadro indica aplicaciones, características y mezclas más comunes empleadas en soldadura por sistema MIG:

Metal Base	Transferencia Spray	Transferencia Corto-Circuito
Acero Inoxidable	Argón + 2% CO ₂ Argón + 1% O ₂ Argón + 2% O ₂	90% Helio + 7,5% Argón + 2,5% CO ₂
Aceros al Carbono y Baja Aleación	Argón + 2% O ₂ Argón + 20% CO ₂ Argón + 5% CO ₂ Argón + 8% CO ₂	CO ₂ Argón + 20% CO ₂ Argón + 8% CO ₂ Argón + 5% CO ₂
Aluminio y Magnesio	Argón Helio Argón + 25% He Argón + 75% He	
Cobre	Helio Argón + 25% He Argón + 50% He Argón + 75% He	

Máquinas Soldadoras



En éste proceso la máquina de soldar más empleada es aquella del tipo corriente continua y de voltaje constante, o sea, una máquina que mantiene voltaje constante en el arco, sin que lo afecten variaciones de corriente en el arco. Es importante señalar, que éste tipo de máquina de

soldar puede ser usada sólo para soldadura semiautomática. La curva característica de éste tipo de máquina se indica en la figura anterior.

Cuando se usa una máquina de soldar de tipo voltaje constante, existen pocos cambios en el resultado del voltaje del arco, comparado con el cambio relativamente grande en la corriente de soldadura. Por ejemplo, como se puede ver en la figura, cuando la longitud del arco se acorta, aumenta notablemente la corriente de soldadura. Esto produce un aumento del promedio de consumo, equilibrando la longitud del arco al nivel deseado.

El principio está basado en el hecho de que la máquina de soldar de voltaje constante cambia la salida de corriente, para poder obtener la caída de tensión apropiada en el secundario del sistema de soldadura.

En este sistema, el ajuste de la longitud del arco es controlado al fijarse la magnitud del voltaje en la máquina de soldar, mientras que la corriente de soldar está controlada por medio de la velocidad en el alimentador de alambre.

2.2.1.3.- SISTEMAS TIG.

En nuestros días, las exigencias tecnológicas en cuanto a calidad y confiabilidad de las uniones soldadas, obligan a adoptar nuevos sistemas, destacándose entre ellos la soldadura al Arco con Electrodo de Tungsteno y Protección Gaseosa (TIG).

El sistema TIG es un sistema de soldadura al arco con protección gaseosa, que utiliza el intenso calor de un arco eléctrico generado entre un electrodo de tungsteno no consumible y la pieza a soldar, donde puede o no utilizarse metal de aporte.

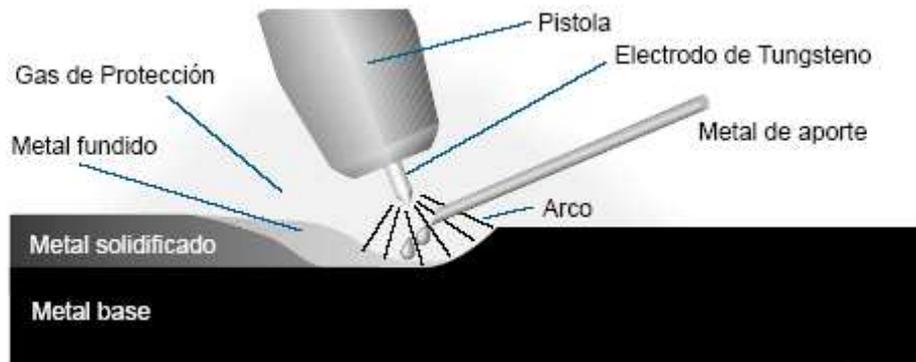
Se utiliza un gas de protección cuyo objetivo es desplazar el aire, para eliminar la posibilidad de contaminación de la soldadura por el oxígeno y nitrógeno presentes en la atmósfera.

Como gas protector se puede emplear Argón o Helio, o una mezcla de ambos.

La característica más importante que ofrece este sistema es entregar alta calidad de soldadura en todos los metales, incluyendo aquellos difíciles de soldar, como también para soldar metales de espesores delgados y para depositar cordones de raíz en unión de cañerías.

Las soldaduras hechas con sistema TIG son más fuertes, más resistentes a la corrosión y más dúctiles que las realizadas con electrodos convencionales. Cuando se necesita alta calidad y mayores requerimientos de terminación, se hace necesario utilizar el sistema TIG para lograr soldaduras homogéneas, de buena apariencia y con un acabado completamente liso.

La siguiente ilustración indica esquemáticamente una soldadura por sistema TIG.

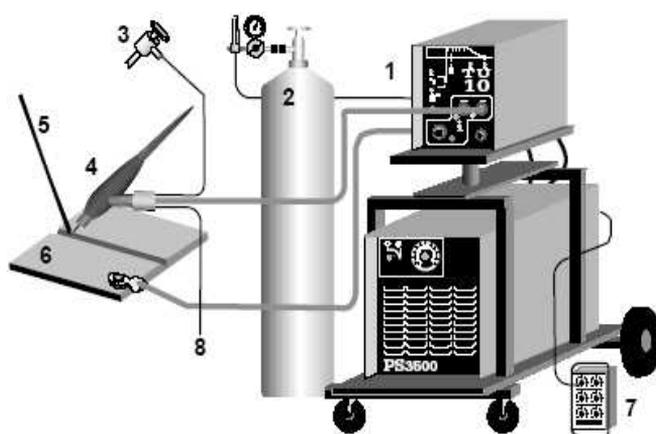


Características y Ventajas del Sistema TIG:

- No se requiere de fundente, y no hay necesidad de limpieza posterior en la soldadura.
- No hay salpicadura, chispas ni emanaciones, al no circular metal de aporte a través del arco.
- Brinda soldaduras de alta calidad en todas las posiciones, sin distorsión.
- Al igual que todos los sistemas de soldadura con protección gaseosa, el área de soldadura es claramente visible.
- El sistema puede ser automatizado, controlando mecánicamente la pistola y/o el metal de aporte.

El *equipo* para sistema TIG consta básicamente de:

- 1) Fuente de energía con unidad de alta frecuencia
- 2) Suministro gas de protección
- 3) Suministro agua de enfriamiento
- 4) Pistola
- 5) Material de aporte
- 6) Material base
- 7) Control remoto
- 8) Drenaje



1. Fuente de poder de corriente continua, con unidad de alta frecuencia incorporada.
2. Gas de Protección.
3. Suministro de agua (Enfriamiento de Pistola)
4. Pistola
5. Material de aporte
6. Material base
7. Control remoto
8. Drenaje de agua

La pistola asegura el electrodo de tungsteno que conduce la corriente, el que está rodeado por una boquilla de cerámica que hace fluir concéntricamente el gas protector.

La pistola normalmente se refrigera por aire. Para intensidades de corriente superiores a 200 A, se utiliza refrigeración por agua, para evitar el recalentamiento del mango.

Los *electrodos* para sistema TIG, están fabricados con tungsteno o aleaciones de tungsteno, lo que lo hace prácticamente no consumibles, ya que su punto de fusión es sobre los 3.800°C.

Su identificación se realiza por el color de su extremo, verde, amarillo, rojo y café. Los diámetros más utilizados: 1.6 mm (1/16"), 2.4 mm (3/ 32"), 3.2 mm (1/8"). Las longitudes estándar son de 3" y 7". La adición de 2% de torio permite una mayor capacidad de corriente, mejor iniciación y estabilidad del arco.

Tipos de electrodos	Identificación	AWS
• Electrodos de Tungsteno puro	Punto verde	EWP
• Electrodos de Tungsteno-Torio (1% Th)	Punto amarillo	EWTh-1
• Electrodos de Tungsteno-Torio (2% Th)	Punto rojo	EWTh-2
• Electrodos de Tungsteno-Zirconio	Punto café	EWZr

La selección de los mismos, puede hacerse tal y como indica el siguiente cuadro:

Material	Tipo Corriente	Penetración	Gas	Electrodo
Aluminio	CAAF	Media	Argón	W
Acero inox.	CCEN	Alta	Argón	W-Th
Acero dulce	CCEN	Alta	Argón o Helio	W-Th
Cobre	CCEN	Alta	Argón o Helio	W-Th
Níquel	CCEN	Alta	Argón	W-Th
Magnesio	CAAF	Media	Argón	W

Nota: CAAF : Corriente Alterna y Alta frecuencia
CCEN : Corriente Continua, Electrodo Negativo

W : Tungsteno
W-Th : Tungsteno-Torio

Entre las aplicaciones más frecuentes del Sistema TIG, se encuentran:

- Este sistema puede ser aplicado casi a cualquier tipo de metal, como: Aluminio, Acero Inoxidable, Acero al Carbono, Hierro Fundido, Cobre, Níquel, Magnesio, etc.
- Es especialmente apto para unión de metales de espesores delgados, desde 0,5 mm, debido al control preciso del calor del arco y la facilidad de aplicación con o sin metal de aporte. Ej.: tuberías, estanques, etc.
- Se utiliza también en unión de espesores mayores, cuando se requiere calidad y buena terminación de la soldadura.
- Se puede utilizar para aplicaciones de recubrimientos duros de superficie y para realizar cordones de raíz en cañerías de acero al carbono.
- En soldaduras por Arco Pulsado, suministra mayor control del calor generado por el arco con piezas de espesores muy delgados y soldaduras en posición.
- Para soldadura de cañería, es ventajosa la combinación:
 - Cordón de raíz: TIG
 - Resto de pases: MIG o Arco Manual

La **soldadura TIG** (*Tungsten Inert Gas*), se caracteriza por el empleo de un electrodo permanente de tungsteno, aleado a veces

con torio o zirconio en porcentajes no superiores a un 2%. Dada la elevada resistencia a la temperatura del tungsteno (funde a 3410 °C), acompañada de la protección del gas, la punta del electrodo apenas se desgasta tras un uso prolongado. Los gases más utilizados para la protección del arco, en esta soldadura, son el argón y el helio, o mezclas de ambos.

La gran ventaja de este método de soldadura es, básicamente, la obtención de cordones más resistentes, más dúctiles y menos sensibles a la corrosión que en el resto de procedimientos, ya que el gas protector impide el contacto entre el oxígeno de la atmósfera y el baño de fusión. Además, dicho gas simplifica notablemente la soldadura de metales ferrosos y no ferrosos, por no requerir el empleo de desoxidantes, con las deformaciones o inclusiones de escoria que pueden implicar. Otra ventaja de la soldadura por arco en atmósfera inerte es la que permite obtener soldaduras limpias y uniformes debido a la escasez de humos y proyecciones; la movilidad del gas que rodea al arco transparente, permite al soldador, ver claramente lo que está haciendo en todo momento, lo que repercute favorablemente en la calidad de la soldadura. El cordón obtenido es por tanto de un buen acabado superficial, que puede mejorarse con sencillas operaciones de acabado, lo que incide favorablemente en los costes de producción. Además, la deformación que se produce en las inmediaciones del cordón de soldadura es menor.

Como inconvenientes está la necesidad de proporcionar un flujo continuo de gas, con la subsiguiente instalación de tuberías, bombonas, etc., y el encarecimiento que supone. Además, este método de soldadura requiere una mano de obra muy especializada, lo que también aumenta los costes. Por tanto, no es uno de los métodos más utilizados sino que se reserva para uniones con necesidades especiales de acabado superficial y precisión.

De todas formas, hoy en día se está generalizando el uso de la soldadura TIG sobre todo en aceros inoxidable y especiales ya que a pesar del mayor coste de ésta soldadura, debido al acabado obtenido. En nuestros días, las exigencias tecnológicas en cuanto a calidad y confiabilidad de las uniones soldadas, obligan a adoptar nuevos sistemas, destacándose entre ellos la soldadura al Arco con Electrodo de Tungsteno y Protección Gaseosa (TIG).

El sistema TIG es un sistema de soldadura al arco con protección gaseosa, que utiliza el intenso calor de un arco eléctrico generado entre un electrodo de tungsteno no consumible y la pieza a soldar, donde puede o no utilizarse metal de aporte.

Se utiliza gas de protección cuyo objetivo es desplazar el aire, para eliminar la posibilidad de contaminación de la soldadura por el oxígeno y nitrógeno presente en la atmósfera.

La característica más importante que ofrece este sistema es obtener una alta calidad de soldadura en todos los metales, incluyendo aquellos difíciles de soldar, como también para soldar metales de espesores delgados y para depositar cordones de raíz en unión de cañerías.

Las soldaduras hechas con sistema TIG son más fuertes, más resistentes a la corrosión y más dúctiles que las realizadas con electrodos convencionales. Cuando se necesita alta calidad y mayores requerimientos de terminación, es necesario utilizar el sistema TIG para lograr soldaduras homogéneas, de buena apariencia y con un acabado completamente liso.

Entre los beneficios más importantes que supone el empleo de este sistema, destacan:

- Su idoneidad para soldaduras de responsabilidad (pase de raíz).
- El proceso puede ser semiautomático o robotizado.
- Facilita la soldadura en lugares de difícil acceso.
- Ofrece alta calidad y precisión.
- Óptimas resistencias mecánicas de la unión soldada.
- Poca generación de humo.
- Soldaduras claras, brillantes y con óptimo acabado, sin usar flujo de limpieza, prescindiendo de acabado final y reduciendo costos de fabricación.
- Soldadura en todas las posiciones.

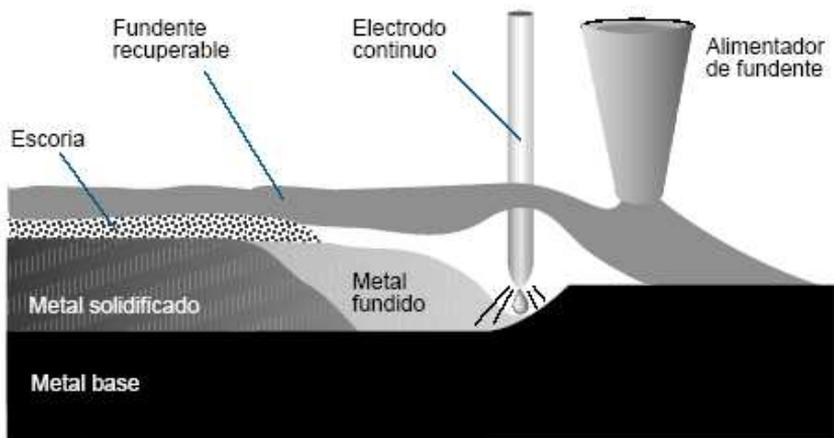
- Versatilidad, suelda prácticamente todos los metales industrialmente utilizados.

2.2.1.4.- SISTEMAS DE ARCO SUMERGIDO.

De los métodos de soldadura que emplean electrodo continuo, el proceso de arco sumergido, desarrollado simultáneamente en EE.UU. y Rusia a mediados de la década del 30, es uno de los más difundidos universalmente.

Es un proceso automático, en el cual, como lo indica la figura, un alambre desnudo es alimentado hacia la pieza.

Este proceso se caracteriza porque el arco se mantiene sumergido en una masa de fundente, provisto desde una tolva, que se desplaza delante del electrodo. De esta manera el arco resulta invisible, lo que constituye una ventaja, pues evita el empleo de elementos de protección contra la radiación infrarrojo y ultravioleta, que son imprescindibles en otros casos.

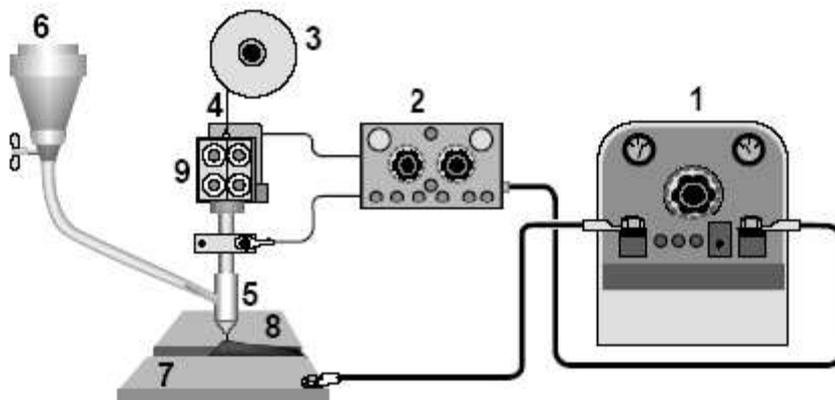


Las corrientes utilizadas en este proceso varían en un rango que va desde los 200 hasta los 2000 amperios, y los espesores que es posible soldar varían entre 5 y hasta más de 40 mm.

Usualmente se utiliza corriente continua con electrodo positivo, cuando se trata de intensidades inferiores a los 1000 amperios, reservándose el uso de corriente alterna para intensidades mayores, a fin de evitar el fenómeno conocido como sopló magnético.

El proceso se caracteriza por sus elevados regímenes de deposición y es normalmente empleado cuando se trata de soldar grandes espesores de acero al carbono o de baja aleación.

El diagrama siguiente muestra los componentes para hacer soldadura por arco sumergido:



1. Fuente de Poder de CC o CA (100% ciclo de trabajo).
2. Sistema de Control.
3. Porta carrete de alambre.
4. Alambre-electrodo.

5. Tobera para boquilla.
6. Recipiente porta-fundente.
7. Metal base.
8. Fundente.
9. Alimentador de alambre.

Entre las principales ventajas de su empleo, podemos citar:

- Alta velocidad y rendimiento: con electrodos de 5/ 32" y 3/16" a 800 y 1000 A, se logra depositar hasta 15 kgs. de soldadura por hora. Con electrodos de 1/4" y 1300 A, se depositan hasta 24 Kg. por hora (tres a cuatro veces más rápido que en la soldadura manual).

- Propiedades de la soldadura: Este proceso permite obtener depósitos de propiedades comparables o superiores a las del metal base.
- Rendimiento: 100%
- Soldaduras 100% radiográficas.
- Soldaduras homogéneas.
- Soldaduras de buen aspecto y penetración uniforme.
- No se requieren protecciones especiales.

El sistema de soldadura automática por arco sumergido, permite la máxima velocidad de deposición de metal, entre los sistemas utilizados en la industria, para producción de piezas de acero de mediano y alto espesor (desde 5 mm. aprox.), que puedan ser posicionadas para soldar en posición plana u horizontal (Ejemplos, vigas y perfiles estructurales, estanques, cilindros de gas, bases de máquinas, fabricación de barcos, etc...). También puede ser aplicado con grandes ventajas en relleno de ejes, ruedas de FF.CC. y polines.

Materiales empleados:

Electrodos (Alambres): en el sistema de soldadura por arco sumergido, se utiliza un alambre sólido recubierto por una fina capa de cobre para evitar su oxidación y mejorar el contacto eléctrico.

Generalmente contiene elementos desoxidantes, que junto a los que aporta el fundente, limpian las impurezas provenientes del metal base o de la atmósfera y aportan elementos de aleación seleccionados según sean las características químicas y mecánicas del cordón de soldadura que se desee.

Según la AWS, los alambres se clasifican por 2 letras y 2 números, que indican la composición química de éstos.

EX xx

Letras y dígitos

1º letra, “**E**”: Significa electrodo para soldadura al arco.

2º letra, “**X**”: Significa el contenido máximo de manganeso:

L : 0,60% Mn máx. (bajo contenido manganeso).

M: 1,25% Mn máx. (contenido mediano de manganeso).

H : 2,25% Mn máx. (alto contenido de manganeso).

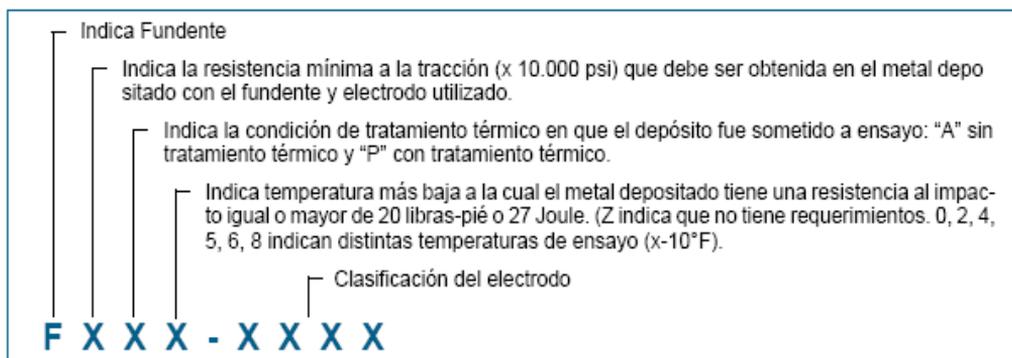
Los 2 dígitos (**xx**): Indican los porcentajes medios de carbono.

Los alambres se entregan en rollos de 25 Kg. Aproximadamente y con diámetro interior de 300 mm.

Se ofrecen en los siguientes diámetros: 5/64"; 3/32"; 7/ 64"; 1/8"; 5/32"; 3/16" y 1/4"

Fundentes: Según la AWS, el fundente es clasificado en base a las propiedades mecánicas del depósito, al emplear una determinada combinación fundente/alambre.

Esta clasificación es la siguiente:



Como características técnicas del depósito:

Clasificación Fundente	Resistencia a la tracción (MPa)	Límite de fluencia (MPa) min.	Elongación en 2" (50 mm)
F6XX - E6XX	414 - 552	330	22
F7XX - E7XX	480 - 655	400	22

2.2.2.- Soldadura a Gas.

La soldadura a gas fue uno de los primeros procesos de soldadura de fusión desarrollados que demostraron ser aplicables a una extensa variedad de materiales y aleaciones. Durante muchos años fue el método más útil para soldar metales no ferrosos. Sigue siendo un proceso versátil e importante pero su uso se ha restringido ampliamente a soldadura de chapa metálica, cobre y aluminio. El equipo de soldadura a gas puede emplearse también para la soldadura fuerte, blanda y corte de acero.

Tanto el oxígeno como el gas combustible son alimentados desde bombonas, cilindros, o algún suministro principal, a través de reductores de presión y a lo largo de una tubería de goma hacia un soplete. En este, el flujo de los dos gases es regulado por medio de válvulas de control, pasa a una cámara de mezcla y de ahí a una boquilla. El caudal máximo de flujo de gas es controlado por el orificio de la boquilla. Se inicia la combustión de dicha mezcla por medio de un mecanismo de ignición (como un encendedor por fricción) y la llama resultante funde un material de aporte (generalmente acero o aleaciones de zinc, estaño, cobre o bronce) el cual permite un enlace de aleación con la superficie a soldar y es suministrado por el operador del soplete.

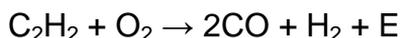
Las características térmicas de diversos gases combustibles se indican en la siguiente tabla:

Gas Combustible	Temperatura de flama teórica °C	Intensidad de combustión cal/cm ³ /s	Uso
Acetileno	3270°	3500	Soldadura y corte
Metano	3100°	1700	Soldadura fuerte y blanda
Propano	3185°	1500	Soldadura en general
Hidrógeno	2810°	2100	Uso limitado

El valor de una mezcla de gas combustible para el calentamiento depende de la temperatura de la llama y la intensidad de la combustión.

En la práctica, esta soldadura es comúnmente usada con acetileno y oxígeno. El aspecto de la llama resultado de esta combustión se describe a continuación:

- En el cono interno de la llama, el acetileno, al ser oxidado, se transforma en hidrógeno y monóxido de carbono, según la siguiente reacción:



- En la parte externa de la flama, estos gases se combinan con el oxígeno de la atmósfera para formar dióxido de carbono y vapor de agua. Para obtener una flama neutra, las escalas del volumen del flujo de acetileno y de oxígeno son ajustadas hasta que el cono interno alcanza su tamaño máximo con una frontera claramente definida. La composición de la envoltura carece entonces de reacción a acero de bajo contenido de carbono. Si se suministra oxígeno en dosis excesivas, el cono interno se hace más pequeño y puntiagudo y la flama resultante descarburará el acero. Por otra parte, un exceso de acetileno hace que el cono desarrolle una envoltura exterior en forma de pluma (como la de las aves) y la flama será carburante.

Para acero de alto contenido de carbono y en el tratamiento de superficies duras, se utiliza flama carburante, con el fin de evitar la descarburización y producir un depósito de fundición de alto contenido de carbono en la superficie, lo que permitirá el enlace de la aleación de superficie sin dilución excesiva. Es especialmente importante no soldar aceros austeníticos inoxidables con una flama carburante ya que dará lugar a una subida de carbono, en consecuencia, corrosión intergranular.

2.2.2.1.- SISTEMAS DE OXIGAS

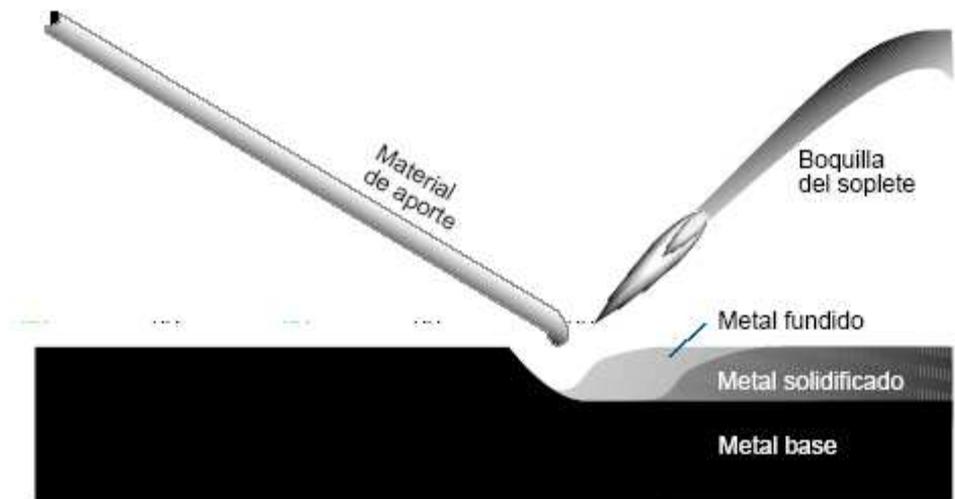
El proceso de soldadura oxigas, mostrado en la siguiente figura, consiste en una llama dirigida por un soplete, obtenida por medio de la combustión de los gases oxígeno y acetileno.

El intenso calor de la llama funde la superficie del metal base para formar una poza fundida. Con este proceso se puede soldar con o sin material de aporte. El metal de aporte es agregado para cubrir biseles y orificios.

A medida que la llama se mueve a lo largo de la unión, el metal base y el metal de aporte se solidifican para producir el cordón.

Al soldar cualquier metal se debe escoger el metal de aporte adecuado, que normalmente posee elementos desoxidantes para producir soldaduras de buena calidad.

En algunos casos se requiere el uso de fundente para soldar ciertos tipos de metales.



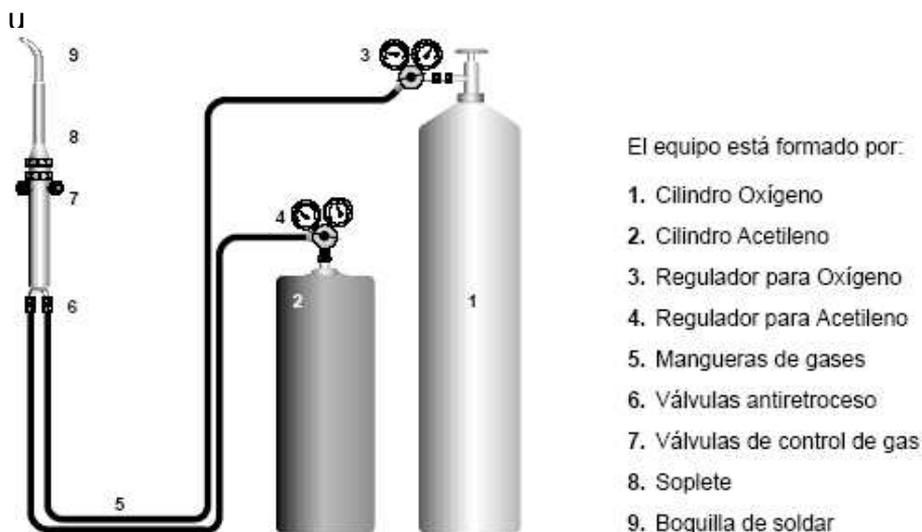
o

o oxigas, posee las siguientes ventajas: el equipo es portátil, económico y puede ser utilizado en toda posición.

El proceso oxigas es normalmente usado para soldar metales de hasta 1/4" de espesor. Se puede utilizar también para soldar metales de mayor espesor, pero no es recomendable.

Su mayor aplicación en la industria se encuentra en el campo de mantenimiento, reparación, soldadura de cañerías de diámetro pequeño y manufacturas livianas. También puede ser usado como fuente de energía calórica, para calentar, doblar, forjar, endurecer, cortar, etc.

El equipo empleado, consiste en un conjunto de elementos que, agrupados, permiten el paso de gases (Oxígeno-Acetileno) hasta



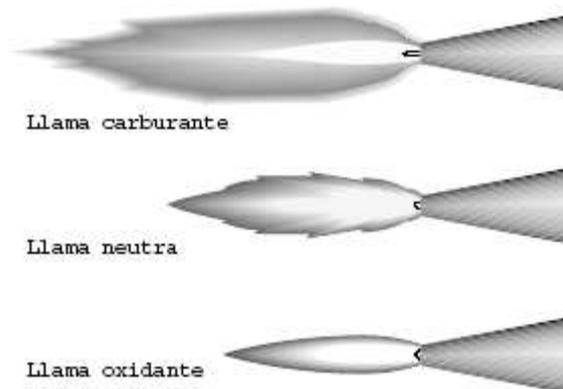
en cuyo interior se produce la mezcla. La misma, en contacto con una chispa, produce una combustión, base del sistema oxiacetilénico.

El procedimiento básico de soldadura, consta de las siguientes etapas:

Ajuste de llama: en soldadura oxiacetilénica se utiliza una llama neutra (3160°C), o sea, se suministra suficiente oxígeno para realizar la combustión de todo el acetileno presente. Aunque esta situación corresponde a una relación teórica oxígeno/acetileno de 2,5:1, en la práctica, parte de la combustión se realiza con oxígeno del aire de modo que:

- Se consumen iguales cantidades de oxígeno y acetileno (relación 1:1)
- Se produce un efecto de auto-protección, que minimiza la oxidación del metal base

La llama carburante con exceso de acetileno se reconoce por una zona intermedia reductora que aparece entre el dardo y el penacho: se utiliza sólo en casos especiales.



La llama oxidante, con exceso de oxígeno, se reconoce por su dardo y penacho más corto y su sonido más agudo

Selección de la Boquilla: en la selección de la boquilla influyen los siguientes factores:

- 1) Tipo de material a soldar.
- 2) Espesor del material.

- 3) Tipo de unión (Tope, filete, biselada, etc.).
- 4) Posición en que se soldará.
- 5) Habilidad del operador.

Como norma de seguridad siempre debe utilizarse la boquilla a la presión recomendada por el fabricante.

2.2.3.- Soldadura por Resistencia.

La soldadura por resistencia es considerada un proceso de fabricación, termoeléctrico, se realiza por el calentamiento que experimentan los metales, hasta la temperatura de forja o de fusión debido a su resistencia al flujo de una corriente eléctrica, es una soldadura tipo autógena que no interviene material de aporte. Los electrodos se aplican a los extremos de las piezas a soldar, se colocan juntas a presión y se hace pasar por ellas una corriente eléctrica intensa durante un instante. La zona de unión de las dos piezas, como es la que mayor resistencia eléctrica ofrece, se calienta y funde los metales, realizándose la soldadura. La cantidad de calor necesaria, por tanto la intensidad aplicada y tiempo de presión ejercida dependerá del tipo de metal a soldar.

Los principales tipos de soldadura por resistencia son los siguientes:

- Soldadura por puntos.
- Soldadura proyecciones o resaltos.
- Soldadura costura.
- Soldadura a tope.
- Soldadura por chispa.
- Soldadura de hilo aislado.

Tanto el calor como la presión son los principales factores en este tipo de soldaduras ya que se obliga a tener un buen contacto entre electrodo y pieza antes de aplicar calor, manteniendo en contacto las superficies a unir una vez alcanzada su temperatura para la correcta soldadura.

El ciclo de soldeo se puede dividir en varias fases:

1. FASE DE POSICIONAMIENTO: se ejerce presión sobre los electrodos de tal forma que se consiga la unión de los materiales a soldar.
2. FASE DE SOLDADURA: pasa la corriente eléctrica creando diferencia de potencial entre los electrodos. Se mantiene una presión entre los electrodos durante esta fase, que suele ser menor que la ejercida en la fase de posicionamiento.

3. FASE DE MANTENIMIENTO: se incrementa la presión ejercida después de cortarse la corriente eléctrica.
4. FASE DE DECADENCIA: se reduce la presión hasta retirar la pieza una vez ya soldada.

Este procedimiento se utiliza mucho en la industria para la fabricación de láminas y alambres de metal, se adapta muy bien a la automatización.

Los elementos básicos en este tipo de soldadura son, electrodos, por donde fluye la energía eléctrica, material a soldar y una presión ejercida en la zona a soldar.

2.2.3.1.- SOLDADURA POR PUNTOS.

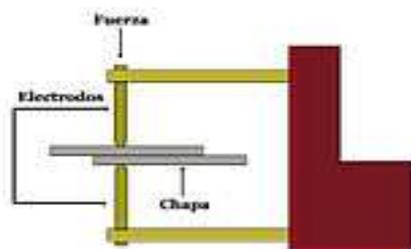
Es un método de soldadura por resistencia que se basa

en presión y temperatura, en el que se calienta una parte de las piezas a soldar por corriente eléctrica a temperaturas próximas a la fusión y se ejerce una presión entre las mismas. Generalmente se destina a la soldadura de chapas o láminas metálicas, aplicable normalmente entre 0,5mm y 3mm de espesor.

Es el más común y simple de los procedimientos de soldadura por resistencia. Los materiales bases se deben disponer solapados



entre electrodos, que se encargan de aplicar secuencialmente la presión y la corriente correspondiente al ciclo produciendo uno o varios puntos de soldadura.



Es un tipo de soldadura que se cataloga como soldadura sin fusión del metal base a soldar, se considera un proceso en el cual los electrodos utilizados no son consumibles, además no se necesita material de aporte para que se produzca la unión entre las

dos piezas, se considera un tipo de soldadura rápida, limpia y fuerte.

El material utilizado de los electrodos es una aleación de cobre con Cd, Cr, Be, W con objeto de que presente una baja resistencia y una elevada oposición a la deformación bajo presión, estando su dureza comprendida entre 130 y 160 HB.

También este tipo de soldadura necesita de un transformador donde la bobina secundaria suministra un voltaje a los electrodos de 1V a 10V y una gran corriente, debido a que generalmente la resistencia de las piezas a soldar es muy baja, por tanto, la corriente que debe pasar por la zona a soldar debe de ser del orden de los 500 amperios.

El principio de funcionamiento de este proceso, consiste en hacer pasar una corriente eléctrica de gran intensidad a través de los metales que se van a unir. Como en el punto de unión la resistencia es mayor que en el resto de las piezas, se genera el aumento de la temperatura en la junta por efecto Joule,

$$Q = I \cdot ^2 R \cdot t$$

Donde:

- **Q** = Cantidad de calor generado (J)
- **I** = Intensidad de la corriente de la soldadura (A)
- **R** = Resistencia eléctrica de la unión a soldar (Ω)
- **t** = Tiempo durante el cual circula la corriente (s)

Aprovechando esta energía y con una determinada presión se logra la unión. Solamente se obtienen soldaduras uniformes si las chapas a soldar están limpias, los óxidos superficiales son causa de variaciones en el tamaño y resistencia de los puntos de soldadura. Esto es especialmente cierto en el aluminio. La presencia de óxidos o suciedad puede aumentar diez veces o más, la resistencia total entre los puntos de los electrodos.

La soldadura por resistencia es aplicable a casi todos los metales, excepto, zinc y plomo. Junto con la soldadura MIG-MAG, son los dos procesos de soldadura en los cuales existe un mayor nivel de automatización robotizada.

Para este tipo de soldadura se deben de tener en cuenta varios parámetros regulables:

1. Intensidad-tiempo de soldadura.
2. Resistencia eléctrica de la unión.
3. Presión de apriete.
4. Geometría de los electrodos.

La intensidad es el factor más influyente en el calentamiento final. Para una soldadura rápida se necesita más intensidad y menos tiempo y viceversa. El parámetro correspondiente a la resistencia eléctrica de la unión, es un parámetro a tener en cuenta pues influye directamente en la cantidad de calor generado en la soldadura. A mayor conductividad eléctrica, menor resistencia al paso de la corriente (aumento de la intensidad). Los factores que influyen en la resistencia eléctrica son:

- *La temperatura*, cuyo aumento provoca una disminución de la resistencia.
- *La fuerza aplicada a los electrodos*, que al aumentar la presión a las piezas a unir, provoca la disminución de las resistencias de contacto.
- *El estado superficial de las superficies a unir*, su limpieza y la eliminación de rugosidades ocasiona menores resistencias de contacto.

- *El estado de conservación de los electrodos, cuyo desgaste y deterioro provoca el aumento de las resistencias de contacto con las piezas a unir.*
- *La presión de apriete, también se considera un parámetro muy importante a tener en cuenta.*

Al inicio de la soldadura, la presión debe de ser baja, con una resistencia de contacto elevada y calentamiento inicial con intensidad moderada. Esta presión debe de ser suficiente para que las chapas a unir, tengan un contacto adecuado y se acoplen entre sí. Iniciada la fusión, el punto de la resistencia de contacto es la zona delimitada por los electrodos, la presión debe de ser alta para expulsar los gases incluidos y conseguir la forja del punto.

Las presiones excesivamente bajas son consecuencia de una forja deficiente, además de altas resistencias de contacto que producen salpicaduras, proyecciones, cráteres y pegaduras. Por el contrario, una presión excesivamente alta, puede producir una expulsión del metal fundido y una disminución de la resistencia, además de esto también puede producir, una baja resistencia de contacto, huellas profundas en la chapa, partículas de material del electrodo desprendidas y una deformación plástica de los electrodos.

Los elementos que componen una maquina de soldadura por puntos son los siguientes:

- Sistema de puesta bajo presión de las piezas a unir.
- Transformador eléctrico generador de intensidad.
- Sistema de paro o temporizador.

Los electrodos utilizados en soldadura por puntos, pueden variar en gran medida dependiendo de la aplicación que vayamos a realizar, cada tipo de electrodo tiene una función diferente.

- Electrodo de radio se utilizan para aplicaciones de alta temperatura.
- Electrodo con una punta truncada se utilizan para altas presiones.
- Electrodo excéntricos se utilizan para soldar esquinas, o para llegar a rincones y espacios pequeños.
- También hay electrodos para poder acceder al interior de la pieza a soldar.

El proceso de soldadura por puntos, sigue los siguientes pasos:

1. Colocación de las chapas a soldar entre las pinzas.
2. Bajada de los electrodos, que corresponde al tiempo que transcurre desde la operación de acercamiento de los electrodos hasta que comienza el paso de la corriente.

3. Tiempo de soldadura, que consiste en el tiempo durante el cual, está pasando la corriente eléctrica.
4. Tiempo de forja, es el tiempo transcurrido entre el corte de la corriente y el levantamiento de los electrodos.
5. Tiempo de enfriamiento, consiste en la desaparición de la presión además de los electrodos.

Entre los efectos que produce el proceso de soldadura por puntos en las piezas soldadas, figuran: tendencia a endurecer el material, hacer que se deforme, reducir la resistencia a la fatiga del material, y puede estirar el material. Los efectos físicos originados por la soldadura por puntos, pueden crear fisuras internas y grietas en la superficie. Las propiedades químicas afectadas son la resistencia interna del metal y sus propiedades corrosivas.

La soldabilidad de los metales y aleaciones depende de su resistencia eléctrica. De acuerdo con este criterio, los diversos materiales, susceptibles de ser sometidos a este sistema, pueden agruparse en dos tipos:

- a) De elevada resistencia eléctrica y baja conductividad térmica, como los aceros, que se sueldan con intensidades relativamente pequeñas y tiempos de paso largos.
- b) De baja resistividad eléctrica y elevada conductividad térmica, tales como el aluminio y sus aleaciones y las

aleaciones de cobre que se sueldan con altas intensidades y tiempos muy cortos.

Los aceros suaves se sueldan fácilmente, al igual que los de bajo contenido en elementos especiales. Los aceros al temple, son soldables, pero precisan un tratamiento térmico (recocido) después de soldar, debido a que por el rápido enfriamiento la soldadura se vuelve frágil. Este recocido se realiza automáticamente en algunas máquinas de soldar.

Los aceros inoxidable al cromo-níquel se sueldan muy bien con una corriente moderada, fuerte presión y un tiempo de soldadura corto y preciso. El níquel y sus aleaciones se sueldan fácilmente con una intensidad muy elevada.

El aluminio, el magnesio y sus aleaciones pueden soldarse a condición de que se emplee una corriente muy intensa durante un tiempo muy corto y se controle rigurosamente la cantidad de energía suministrada.

El latón se suelda más fácilmente que el aluminio aplicando una corriente elevada durante un tiempo corto. El zinc y sus aleaciones son delicadas de soldar por su baja temperatura de fusión. El cobre es imposible de soldar con cobre. En el mejor de los casos, la soldadura es muy mala. Las aleaciones rojas y los bronce fósforos se sueldan mejor.

Los metales y las aleaciones de distinta naturaleza, son soldables por puntos si forman una aleación y sus temperaturas de fusión no son muy diferentes.

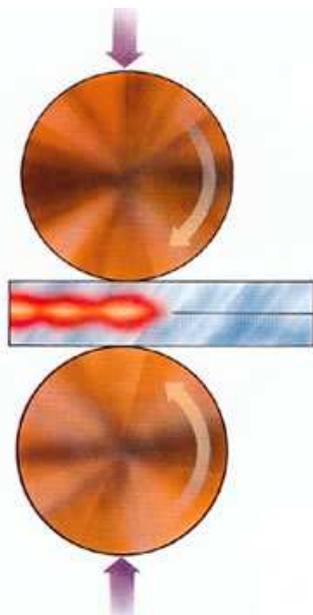
Entre las aplicaciones más frecuentes figuran:

- Empleo de *brazos robotizados*, manejados mediante ordenador, cuando en la punta del brazo se les añade un sistema de soldadura por puntos o cualquier otro sistema que queramos utilizar, dependiendo del producto a soldar. Estos brazos ofrecen máxima precisión y alta velocidad, así como la posibilidad de instalarlos en una línea de montaje con una función programada.
- La soldadura por puntos, se utiliza para cualquier tipo de industria, pero la más importante se encuentra en la del *automóvil*. La soldadura por puntos también se utiliza en la ciencia de la ortodoncia, donde el equipo utilizado es un soldador por puntos pero a pequeña escala ya que cambia el tamaño del metal.
- Otra aplicación es la unión por correas en la soldadura de pilas.

2.2.3.2.- SOLDADURA DE COSTURA.

La soldadura de costura es la destinada a la "costura" de láminas impenetrables. La soldadura es un proceso continuo en el que los electrodos, son roldanas que aplican una fuerza (presión) y una corriente y solapan los materiales base.

Consiste en una serie de soldaduras de punto sobrepuestas, que de este modo forman una soldadura continua.



Constituida por dos discos que giran, cuando el material pasa por estos electrodos, se conecta y desconecta la corriente de soldadura, de modo que forma soldaduras elípticas individuales que se superponen formando una hilera. La duración debe ser regulada de manera que las piezas no se calienten demasiado

y por ello se usa enfriamiento externo.

Se usa la soldadura de costura para tanques herméticos, de gasolina, silenciadores de automóvil, etc.

Para formas especiales se pueden usar electrodos recortados.

Tiene un alto nivel de producción.



2.2.4.- Soldadura por Rayo de Energía.

Los métodos de soldadura por rayo de energía, llamados soldadura por rayo láser y soldadura con rayo de electrones, son procesos relativamente nuevos que han llegado a ser absolutamente populares en aplicaciones de alta producción.

Los dos procesos son muy similares, diferenciándose más notablemente en su fuente de energía. La soldadura de rayo láser emplea un rayo láser altamente enfocado, mientras que la soldadura de rayo de electrones, se realiza en vacío y usa un haz de electrones.

Ambas tienen una muy alta densidad de energía, haciendo posible la penetración de soldadura profunda y minimizando el tamaño del área de la soldadura. Ambos procesos son extremadamente rápidos, y son fáciles de automatizar, haciéndolos altamente productivos. Las desventajas primarias son sus muy altos costos de equipo (aunque éstos están disminuyendo) y una susceptibilidad al agrietamiento.

Los desarrollos en esta área, incluyen la soldadura de láser híbrido, que usa los principios de la soldadura de rayo láser y de la soldadura de arco para mejorar las propiedades de soldadura.

2.2.4.1.- SOLDADURA POR LÁSER.

La soldadura por rayo láser (LBW, de laser-beam welding) es un proceso de soldadura por fusión que utiliza la energía aportada por un haz láser para fundir y recristalizar el material o los materiales a unir, obteniéndose la correspondiente unión entre los elementos involucrados. En la soldadura láser comúnmente no existe aportación de ningún material externo. La soldadura se realiza por el calentamiento de la zona a soldar, y la posterior aplicación de presión entre estos puntos. De normal la soldadura láser se efectúa bajo la acción de un gas protector, que suele ser helio o argón.

Mediante espejos se focaliza toda la energía del láser en una zona muy reducida del material. Cuando se llega a la temperatura de fusión, se produce la ionización de la mezcla entre el material vaporizado y el gas protector (formación de plasma). La capacidad de absorción energética del plasma es mayor incluso que la del material fundido, por lo que prácticamente toda la energía del láser se transmite directamente y sin pérdidas al material a soldar.

La elevada presión y elevada temperatura causadas por la absorción de energía del plasma, continúa mientras se produce el movimiento del cabezal arrastrando la "gota" de plasma rodeada con material fundido a lo largo de todo el cordón de soldadura.

Para controlar el espesor del cordón de soldadura, la anchura y la profundidad de la penetración se pueden utilizar otro tipo de espejos como son los espejos de doble foco.

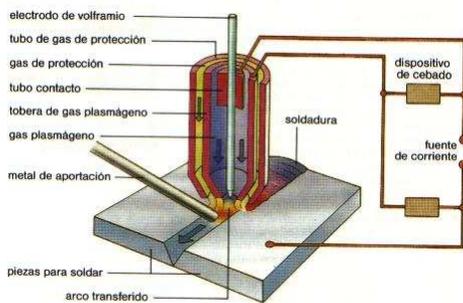
De esta manera se consigue un cordón homogéneo y dirigido a una pequeña área de la pieza a soldar, con lo que se reduce el calor aplicado a la soldadura, reduciendo así las posibilidades de alterar propiedades químicas o físicas de los materiales soldados.

Dependiendo de la aplicación de la soldadura, el láser de la misma puede ser amplificado en una mezcla de itrio, aluminio, granate y neodimio, si se requiere un láser de baja potencia, o el amplificado por gas como el dióxido de carbono, con potencias superiores a los 10 kilovatios y que por tanto son empleados en soldaduras convencionales y pueden llegar hasta los 100 kilovatios.

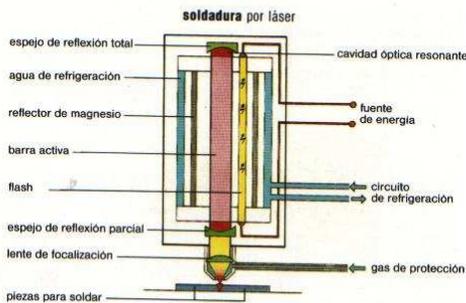
Los sistemas de varios kilovatios en continua se utilizan para secciones gruesas lo que hace que la soldadura pueda llegar a ser más profunda. Para evitar la formación de burbujas de oxígeno durante la fase líquida del material, se utilizan algún tipo de gas inerte, como pueden ser el argón o el helio. De esta forma se produce un poco de porosidad, dejando escapar dichas burbujas.

Sirve para soldar relaciones de ancho-profundidad de entre 4-10.

El láser de alta potencia utilizado para la soldadura se trata de un dispositivo que amplifica la radiación en una determinada longitud de onda y la emite como haz coherente, casi paralelo, el cual puede enfocarse para producir una cierta cantidad de energía capaz de fundir en material con el cual se está trabajando. Esta



soldadura por plasma



soldadura por láser

densidad de energía puede ser del mismo tipo de un haz de electrones, utilizado para la soldadura. El nombre de *láser* está formado por las letras iniciales del proceso de este tipo de radiaciones: *light amplification by stimulated emission of radiation*.

El funcionamiento del láser, es el que sigue:

Los átomos o moléculas del material fluorescente, son excitados por bombardeo con luz o energía eléctrica y se colocan en niveles de energía más altos. Se ven debilitados por emisión espontánea y la mayor parte de los fotones emitidos, que se encuentran desplazados a lo largo del eje del tubo, generan más potencia por emisión estimulada de otros átomos excitados, siendo así amplificada la luz. En el espejo reflectante, los fotones se reflejan hacia atrás a lo largo del tubo para poder ser mayormente amplificados. En la ventana de salida, algunos fotones se reflejan para

continuar amplificándose y el resto se transforman formando el haz saliente. Las etapas anteriores se producen casi simultáneamente.

Dentro del campo de soldadura por rayo láser podemos encontrar varios tipos como:

- Láser de estado sólido.
- Láser de gas.

Láser de estado sólido:

Uno de los materiales más corrientes para este tipo de láser y también capaz de entregar una potencia elevada es el ión de cromo en un cristal de rubí. Otro material para este tipo de láser en estado sólido es el granate de itrio y aluminio dopado con neodimio o YAG. Otra forma de carácter práctico de láser puede consistir en una varilla de rubí de 10 mm de diámetro y 110 mm de largo, con sus extremos rectificadas con una gran precisión y pulidos. El cristal puede ser irradiado mediante un tubo de descarga de xenón. Los iones de cromo en el cristal emiten radiación estimulada, por esto, la que va en un sentido axial se refleja hacia un lado y otro entre los extremos de éste. La intensidad de radiación se eleva y el haz del láser es irradiado por el extremo que se encuentra menos pulido.

Los altos niveles de energía para poder producir el haz del láser, solo pueden lograrse de manera intermitente, para poder realizar este proceso de intermitencia en el láser descargaremos una batería de condensadores a través del tubo de descarga de xenón. Estos condensadores se encuentran cargados a un voltaje entre 1,2 y 4,4 KV. La intensidad luminosa del tubo se eleva en 1 ms a su valor máximo y desciende de forma exponencial dentro de un periodo de 10 ms. En aproximadamente 5 ms se produce la emisión de luz coherente dentro de una serie de impulsos. El rendimiento total obtenido es del 1% con una salida entre 3 y 55 julios.

Todo esto nos permite obtener una concentración de energía por encima de los 10^9 W/mm², el cual es un nivel muy óptimo para poder fundir el material. Cuando trabajamos con estas densidades de energía este proceso se puede utilizar también para el taladrado de agujeros y cortado en piezas. Para poder soldar con el láser, la energía producida no debe llegar más rápida de lo que puede ser conducida como calor; esto exige un impulso menos agudo y más sostenido que se consigue aumentando la inductancia del tubo o empleando una conducción de retardo.

El láser de rubí es utilizado para taladrar cojinetes de rubí para relojes e hilera a escala microscópica.

Láser de gas:

El láser más beneficioso para la soldadura y el corte es el CO₂, el medio emisor para este tipo de láser, es una mezcla de anhídrido carbónico, nitrógeno y helio. Puede trabajar continuamente y ha sido desarrollado para la entrega de pocos vatios e incluso por encima de 20 KW. La radiación se encuentra en la región del infrarrojo lejano del espectro, obteniendo una longitud de onda de unos 10,6 µm. Uno de los láseres más típicos de CO₂ está comprendido por un tubo de vidrio por el cual circula una mezcla de gas con electrodos en cada extremo los cuales producen una descarga de alto voltaje. En uno de los extremos del tubo se encuentra alojado un espejo reflectante de superficie dorada y enfriado por agua, mientras que en el extremo opuesto hay una ventana reflectante en parte, el espacio entre ambas recibe el nombre de cámara del láser. En las ventanas se utilizan rodajas de arseniuro de germanio o galio en montajes enfriados por agua.

El rendimiento del 10 al 25% se traduce en que del 75 al 90% de la energía de la descarga se disipa en el gas. Un incremento de la temperatura del gas, causaría la desestabilización del anhídrido carbónico y una caída en energía de salida, por ello debe hacerse circular continuamente a través del tubo permitiendo que parte del

calor que se produce tenga contacto con las paredes de vidrio las cuales deben ser enfriadas con agua. Este proceso es llamado láser de flujo axial lento y en él, el gas puede deshacerse o reciclarse mediante un intercambiador de calor.

Si el gas, es transportado a través del tubo del láser de alta velocidad mediante una soplante, la pérdida de calor producida en las paredes es muy pequeña y por tanto es despreciable, por ello éstas no necesitan ser enfriadas por agua, pero todo el calor en exceso deberá de reducirse mediante un intercambiador en algún punto del circuito del gas; este es el láser de flujo axial rápido y el gas es recirculado por una soplante. Los láser de flujo axial lento pueden suministrar alrededor de 50-70W por metro de longitud de la cámara, sin embargo los láser de flujo axial rápido pueden general hasta 600W por metro. Son posibles otras disposiciones en las cuales el gas pasa transversalmente a través de la línea de descarga y permiten cavidades ópticas más cortas y mayores potencias de salida. Por encima de los 2,8KW no pueden emplearse ventanas de salida reflectantes porque se ven sometidas a excesivo calor, y en su lugar se emplea una batería de espejos con una ventana de haluro no reflectante, totalmente transmisora, o una abertura.

Cuando la densidad de potencia en el punto enfocado del láser excede de $12\text{KW}/\text{mm}^2$, tiene lugar un cambio en la cantidad de energía absorbida por la superficie. Por debajo de dicha cifra una cantidad generosa de energía que llega a la superficie se refleja, pero una vez se ha superado el nivel de umbral, el rayo láser incide con características perforantes, produciendo una transferencia de calor mejorada. Para realizar cordones lisos, es necesario proteger el baño mediante un gas inerte observándose que cuando es utilizado helio para este fin el plasma obtenido, es menos visible que cuando es utilizado argón.

La soldadura en la práctica no es fiable por debajo de un nivel de potencia de $1,7\text{KW}$, pero a mayor potencia la capacidad de penetración es de unos $2,5\text{mm}/\text{KW}$. Por ello un nivel de potencia de 5KW introduce dentro de la capacidad del láser una gama amplia de posibles aplicaciones. El corte con láser de CO_2 se realiza mediante un chorro de gas coaxial con el rayo láser. Esto se obtiene haciendo pasar el rayo láser a través de una cámara que termina en una boquilla de aproximadamente $1,2\text{mm}$ de diámetro. La cámara se encuentra llena de gas a presión y tanto el gas como el rayo láser salen a través de la boquilla, la cual se encuentra por encima de la superficie a cortar entre 1 y 2mm . Cuando se cortan metales féreos se ve aprovechada la reacción exotérmica entre el metal y el oxígeno para obtener energía extra. Los óxidos fundidos

producidos se desechan a través de la pieza por la presión del chorro de oxígeno. Si la velocidad de corte es muy baja la reacción de oxidación se mantiene por sí misma y por esto obtenemos el resultado de un corte irregular. A velocidades muy altas, el ancho de corte es controlado por el láser, mediante el cual se obtiene un ancho de 0,6mm. Este es un proceso de corte de baja deformación. El grosor que se podrá cortar dependerá de la potencia del láser y este puede ser de hasta 14mm con 2,3KW.

Para la realización de corte de materiales no metálicos deberemos ayudarnos mediante un chorro de gas coaxial, pero no de oxígeno porque no nos proporcionará una reacción exotérmica con tales materiales. No obstante es factible utilizar un chorro de nitrógeno, aire o gas inerte, que deseche los productos de descomposición y vapores producidos por el calor del láser.

Entre sus aplicaciones, se utiliza, principalmente, para soldar:

- Piezas de transmisiones en la industria automotriz.
- Piezas unitarias grandes.
- Series grandes y con buenos acabados.
- Piezas de electrodomésticos.
- Piezas para la industria aeronáutica de aluminio, titanio o níquel.
- Industria del ferrocarril.
- Recipientes a presión.

- Industria alimentaria, a la hora de realizar embalaje de alimentos, cuchillas de corte.
- Para instrumental médico y quirúrgico.
- Odontología.

El sistema, tiene como *ventajas* principales las siguientes:

- Se puede transmitir por el aire, por lo que no se requiere un vacío.
- Es un proceso fácilmente automatizable por el hecho de que los rayos se pueden conformar, manipular y enfocar ópticamente usando fibras ópticas.
- Este tipo de soldadura no genera rayos X.
- Produce muy poca distorsión y tiene una tendencia muy pequeña a la fusión incompleta, a las salpicaduras y a las porosidades.
- No hay desgaste de herramienta, al no estar en contacto con la zona a soldar.
- Se puede controlar fácilmente la profundidad de penetración.

Entre los *inconvenientes* está el precio de los equipos, que es muy elevado. Al ser equipos muy automatizados y altamente precisos requieren una tecnología muy alta.

La soldadura por rayo láser se puede realizar de dos formas distintas:

- **Por conducción:** En este tipo de soldaduras la profundidad de la zona fundida va aumentando a medida que aumenta la conductividad térmica y la intensidad de la radiación.

Es utilizada para la soldadura de chapas de espesor pequeño.

- **Por penetración profunda:** Esta soldadura posee un gran rendimiento ya que se consigue desplazar la zona de mayor temperatura por debajo de la superficie del material, por la acción del vapor recalentado y se mantiene al material fundido en el sitio deseado gracias al efecto de la tensión superficial, gravedad y otra serie de factores.

Este tipo de soldadura, como ya hemos citado con anterioridad, debido a su afectación térmica reducida, no necesita material de aporte y es fácilmente automatizable, por esto se convierte en fundamental a la hora de realizar soldaduras en los que la calidad requerida es alta y no se permiten grandes deformaciones dimensionales.

Además, los materiales soldados no necesitan un tratamiento posterior para eliminar tensiones. Esta facilidad de proceso (automatización) hace que la velocidad del proceso sea de hasta 6 veces superior a otros procesos de soldadura.

En la actualidad ha habido un gran avance en este tipo de soldadura, ya que se puede soldar oro, aleaciones ligeras, materiales disimilares, y materiales plásticos, campo que está avanzando a grandes velocidades y que ya se encuentra muy desarrollado.

La soldadura de plásticos (termoplástico estable) se puede llegar a realizar utilizando unos aditivos especiales, denominadas resinas. Estas resinas nos permiten soldar sin llegar a derretir el termoplástico, cosa que sería impensable sin la utilización de este aditivo.

También existe la *soldadura láser híbrida*, que es la que combina la soldadura por rayo láser con la soldadura de arco para así poder obtener posiciones más flexibles y velocidades de soldadura más altas. Este tipo de soldadura se intentó por primera vez a principios de los años 80 lo que por aquel entonces los elevados costes que tenía la desestimaron por completo. A principios de los 90 se desarrollo esta técnica que mezcla los dos tipos de soldadura tan diferentes como son el arco MSG y el haz de luz láser.

2.2.4.2.- SOLDADURA POR RAYO DE ELECTRONES.

La soldadura por rayos de electrones es un proceso de soldadura en el cual la energía requerida para derretir el material es suministrada por un rayo de electrones.

Para evitar la dispersión del rayo de electrones, la pieza de trabajo es generalmente ubicada en una cámara de vacío, aunque se ha intentado también realizar soldadura por rayo de electrones bajo presión atmosférica. La región afectada por el calor es muy pequeña. En este tipo de soldadura no hay material de aporte.

El haz de electrones se obtiene de un cátodo, que suele ser de wolframio, y se enfoca mediante un campo magnético producido por bobinas.

Es un proceso de soldadura por fusión, que se logra mediante el contacto de la pieza a soldar con un haz de electrones de alta densidad energética. El haz de electrones es de pequeño diámetro y elevada intensidad energética, lo cual permite atravesar grandes espesores de material (hasta 65 milímetros de una sola pasada aproximadamente). El principio de soldadura se puede explicar mediante el *efecto Keyhole* (también denominado como ojo de cerradura).

Las características principales del sistema son:

- Capacidad para hacer soldaduras profundas y con cordones de soldadura estrechos en una sola pasada.

- Soldadura casi uniforme y limpia, debido a que se realiza en un ambiente de vacío, lo cual evita la formación de óxidos y nitruros.
- Cantidad reducida de calor transmitida a la pieza, por lo que su micro-estructura se ve menos alterada que con otros procedimientos.
- No se necesita metal de aportación.
- Las velocidades de soldadura son muy elevadas (hasta 2000 mm/min).
- Permite la unión de una gran diversidad de materiales e incluso de multitud de materiales distintos entre sí.
- El coste de los equipos es elevado.
- Genera rayos X, lo que requiere extremar las precauciones.

El proceso de soldadura mediante haz de electrones se efectúa en una cámara de vacío. Encima de dicha cámara se encuentra una pistola de electrones. Las piezas a soldar se colocan en un manipulador motorizado dentro de la cámara de vacío produciendo así soldaduras axiales o lineales. La pistola de haz de electrones, consta de un cátodo y un ánodo entre los que se genera una diferencia de potencial y se induce el paso de

corriente. Debajo del ánodo, hay una lente magnética, para dirigir el haz de electrones hacia la zona de soldadura.

Los elementos claves que integran el equipo son:

- **Cámara de vacío:** La forma más usual de la cámara de trabajo es la cúbica, ya que se puede trabajar con piezas de diferente forma, aunque para piezas específicas como tubulares se puede diseñar una cámara de trabajo con forma cilíndrica. La cámara de trabajo se ha de diseñar conforme a la pieza a trabajar. Para generar la presión de trabajo en su interior se emplean diferentes tipo de bombas de vacío: rotativas, difusoras y turbo-moleculares.
- **Pistola de haz de electrones:** En la pistola de electrones se encuentra el cátodo, formado por una banda de wolframio, por la cual fluye una fuerte corriente alcanzando grandes temperaturas (2500 °C) que emitirá una corriente de electrones. Por debajo de la pistola se encuentra un anillo ánodo que acelera los electrones hasta un 50-70% la velocidad de la luz. La pistola se conecta a un sistema de potencia, el cual genera la diferencia de potencial necesaria entre cátodo y ánodo. Estos sistemas se pueden clasificar en dos tipos: Equipos de baja tensión (15-60kV) y Equipos de alta tensión (100-200kV).

En función del grado de vacío que existe en la cámara donde se realiza el proceso, éste se clasifica en:

Soldadura de alto vacío:

El vacío practicado en la cámara es del orden de 0,13-13 MPa.

Es un procedimiento idóneo para:

- Conseguir uniones y zonas afectadas por la temperatura de reducidas dimensiones.
- Soldar metales reactivos con el oxígeno y nitrógeno, al trabajar a vacío.
- Soldar metales de gran espesor, debido a su gran poder de penetración.

Las limitaciones del proceso son:

- La limitación del tamaño de la pieza a soldar, pues la cámara de vacío tiene un espacio útil reducido.
- La baja producción, ya que requiere altos tiempos de bombeo para alcanzar el vacío.

Soldadura de medio vacío:

El vacío practicado en la cámara es del orden de 0,13-3300 Pa.

Las principales ventajas de este proceso son:

- La productividad es mayor al reducirse el tiempo de bombeo.
- El equipo es más barato, al no ser necesaria una bomba difusora (imprescindible para obtener el alto vacío).

Las limitaciones más importantes del proceso son:

- La alta concentración de aire en la cámara aumenta la divergencia del haz de electrones y en consecuencia la soldadura presenta cordones más anchos y de menor espesor.

Soldadura atmosférica:

No se practica vacío en la cámara de soldadura, pero el cañón debe trabajar a un vacío de 13 MPa como mínimo. En este proceso la protección de la pieza se realiza con un chorro de gas inerte.

Las ventajas de este proceso son:

- Es la soldadura de mayor productividad, al no ser necesario esperar a que se alcancen las condiciones de vacío.

- No existen tantas limitaciones en relación al tamaño de la pieza.

Las limitaciones del proceso son:

- La divergencia del haz de electrones como consecuencia de la mayor concentración de aire da lugar a cordones considerablemente más anchos y menos profundos que los obtenidos con los otros procesos.

Entre los metales susceptibles de ser soldados por este sistema, se encuentran:

- Aceros al carbono y aleados.
- Metales refractarios (W,Mo,Nb).
- Cobre y sus aleaciones.
- Aleaciones de Magnesio.
- Aleaciones de Titanio.
- Berilio.
- Zirconio.

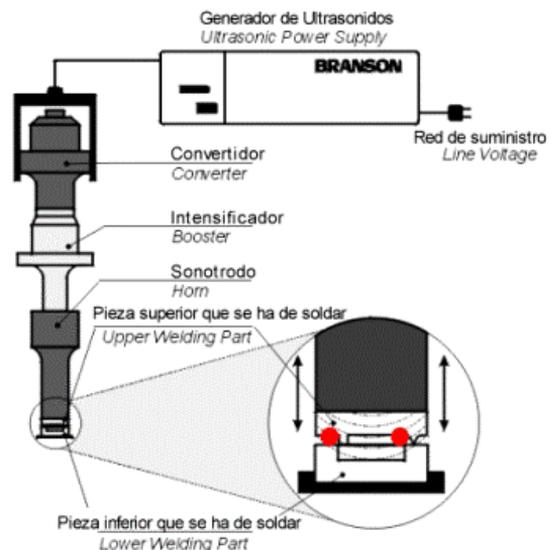
Entre sus aplicaciones más habituales, destacan sectores como:

- ❖ Industria aeroespacial.

- ❖ Industria automotriz: soldadura de engranes y turbocompresores.
- ❖ Construcción e ingeniería: válvulas, sierras, tanques blindados...
- ❖ Industria energética: calderas nucleares, recipientes para desechos nucleares, turbinas de vapor...

2.2.5.- Soldadura de Estado Sólido.

Como en el primer proceso de soldadura de la historia (la soldadura de fragua), algunos métodos modernos de soldadura no implican derretimiento de los materiales que son juntados. Uno de los más populares, la *soldadura por ultrasonidos*, es utilizada para conectar hojas o alambres finos hechos de metal o termoplásticos, haciéndolos vibrar en alta frecuencia y bajo alta presión.

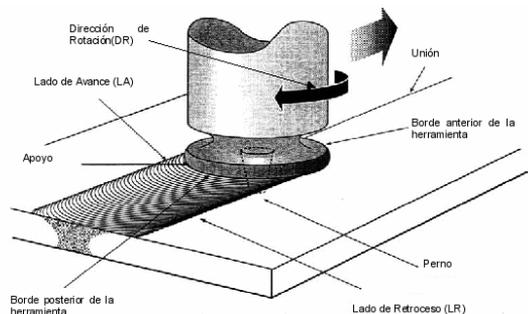


El equipo y los métodos implicados son similares a los de la soldadura por resistencia, pero en vez de corriente eléctrica, la vibración proporciona la fuente de energía.

Soldar metales con este proceso no implica el derretimiento de los materiales; en su lugar, la soldadura se forma introduciendo vibraciones mecánicas horizontalmente bajo presión. Cuando se están soldando plásticos, los materiales deben tener similares temperaturas de fusión, y las vibraciones son introducidas verticalmente. La soldadura ultrasónica se usa comúnmente para hacer conexiones eléctricas de aluminio o cobre, y también es un proceso muy utilizado en soldadura de polímeros.

Otro proceso común, la soldadura explosiva, implica juntar materiales empujándolos juntos bajo una presión extremadamente alta. La energía del impacto plastifica los materiales, formando una soldadura, aunque solamente una limitada cantidad de calor sea generada. El proceso es usado comúnmente para materiales disímiles de soldadura, tales como la soldadura del aluminio con acero en cascos de naves o placas compuestas.

Otros procesos de soldadura de estado sólido, incluyen la soldadura de coextrusión, la soldadura en frío, la soldadura de difusión, la soldadura por fricción (incluyendo la soldadura por fricción-agitación, en inglés *Friction Stir Welding*), la soldadura por alta frecuencia, la soldadura por presión caliente, la soldadura por inducción, y la soldadura de rodillo.



2.2.5.1.- SOLDADURA POR ULTRASONIDOS.

La soldadura ultrasónica es un proceso relativamente nuevo descubierto por Johan Arrendell. Consiste en una máquina con punta de base plana, se colocan los materiales uno encima de otro y después se baja la punta de la máquina, esta emite una onda ultrasónica que mueve las moléculas de ambos materiales provocando que estas se fundan. Los parámetros deben de ser ajustados cada vez que se altera en espesor de pared de los materiales a fundir. Un ejemplo de su uso en la industria es soldar cables a terminales.



Las piezas a soldar no se calientan hasta el punto de fusión, sino que se sueldan mediante la aplicación de presión y vibraciones mecánicas de alta frecuencia.

En contraste con la soldadura de plásticos, las vibraciones mecánicas usadas durante la soldadura ultrasónica de metales se introducen en sentido horizontal.

El principio de funcionamiento de la soldadura ultrasónica de metales es, un proceso complejo que activa la participación de las fuerzas estáticas, fuerzas de cizallamiento oscilante y un aumento de la temperatura moderada en el área de soldadura. La magnitud de estos factores depende del grosor de las piezas, su estructura de superficie, y sus propiedades mecánicas.

Las piezas se colocan entre un elemento de la máquina fija, es decir, el yunque y el sonotrodo, que oscila horizontalmente durante el proceso de soldadura a alta frecuencia (normalmente 20 o 35 o 40 kHz)

La frecuencia de oscilación más comúnmente utilizada (frecuencia de trabajo) es de 20 kHz. Esta frecuencia es superior a las audibles para el oído humano y también permite el mejor uso posible de la energía. Para los procesos de soldadura que requieren sólo una pequeña cantidad de energía, una frecuencia de trabajo de 35 o 40 kHz puede ser utilizada. Es lo que se necesita para realizar este trabajo.

2.2.5.2.- SOLDADURA POR FRICCIÓN.

La soldadura por fricción es un método de soldadura que aprovecha el calor generado por la fricción mecánica entre dos piezas en movimiento.

Es utilizada para unir dos piezas, aún cuando una de ellas por lo menos, sea de igual o distinta naturaleza, por ejemplo: acero duro y acero suave, aluminio y aleaciones, acero y cobre, etc..., lo cual le confiere innumerables ventajas frente a otro tipo de soldaduras como puede ser la soldadura GMAW, con la que no se pueden soldar aceros inoxidables ni aluminio o aleaciones de aluminio.

Al menos una de las dos piezas tendrá que ser un volumen de revolución, generalmente cilindros. En el caso de que las dos piezas sean volúmenes de revolución, se tendrán que alinear perfectamente, ambos ejes longitudinales.

El principio de funcionamiento consiste en que la pieza de revolución gira en un movimiento de rotación, fijo o variable, alrededor de su eje longitudinal y se asienta sobre la otra pieza. Cuando la cantidad de calor producida por rozamiento es suficiente para llevar las piezas a la temperatura de soldadura, se detiene bruscamente el movimiento, y se ejerce un empuje el cual produce la soldadura por interpenetración granular. En ese momento se produce un exceso de material que se podrá eliminar fácilmente con una herramienta de corte, ya que todavía se encontrará en estado plástico.

Aunque se podría realizar dicho proceso en un torno manual, es mejor utilizar una máquina de control numérico, para controlar la calidad de la soldadura.

En lo que a ventajas e inconvenientes se trata, el sistema posee unos altos costes iniciales en lo que a inversión de maquinaria se

refiere, pero no requiere de costes adicionales, porque no necesita material de relleno ni gas protector (como por ejemplo la soldadura TIG), por lo que no se producen humos tóxicos. Es un proceso bastante seguro ya que no se producen arcos, chispas ni llamas. Debido a que toda la superficie transversal está implicada en el proceso, se obtendrá una alta resistencia, bajas tensiones de soldadura, las impurezas se eliminarán durante el proceso y no existirá porosidad como sí pueden aparecer en otros procesos como la soldadura por arco. No es un proceso tan versátil como puede ser la soldadura por fricción-agitación.

Se pueden producir geometrías que no son posibles en la forja o la fundición, ahorrando material y operaciones, reduciendo el tiempo de ciclo y aumentando la tasa de producción.

Como se ha comentado anteriormente, la soldadura por fricción se suele emplear en volúmenes cilíndricos como pueden ser los ejes de transmisión, turbocompresores o las válvulas de coches, camiones o trenes.

2.2.5.2.1.- Soldadura por fricción-agitación.

La soldadura por fricción-agitación, (en inglés: Friction Stir Welding, FSW), es un proceso de unión de dos piezas que se realiza en estado sólido y en el que una herramienta

cilíndrica, con un perno en su extremo, se introduce en la junta entre las dos piezas que se van a soldar.

Una vez que la herramienta ha adquirido la velocidad necesaria, penetrará en la junta y empezará a subir la temperatura de esa zona, debido a la fricción, y el material empezará a ablandarse, adquiriendo un estado plástico. En ese momento la herramienta empezará a moverse a lo largo de la junta, desplazando el material que se encontraba en la cara anterior del perno a la cara posterior, a través del movimiento de rotación de dicha herramienta, y será cuando el material se enfriará y pasará de nuevo a un estado sólido produciéndose de esta forma la soldadura. Una vez que se ha terminado la unión se extraerá la herramienta quedando un pequeño agujero, correspondiente al perno, el cual podrá eliminarse cambiando el tipo de perno, como se explica más adelante.



Las ventajas que presenta este proceso son las mismas que las que se obtienen en la soldadura por fricción, habilidad para unir materiales disimilares, no necesita hilo de relleno ni gas protector evitando así humos tóxicos,

chispas o llamas, alta resistencia mecánica de la unión a fatiga, tracción y torsión, bajas tensiones de soldadura, también se ahorra material y operaciones.

Pero además se puede realizar en casi cualquier tipo de geometría de las piezas, y no necesitará lijado ni cepillado posterior.

Por el contrario, en lo que a inconvenientes se refiere, las piezas a unir tendrán que estar firmemente ancladas, no se podrán realizar uniones que requieran deposición del metal, y se quedará un agujero en el final de la soldadura a no ser que se utilice un perno retráctil.

Este sistema se puede utilizar para unir infinidad de materiales entre los que destacan, las aleaciones de aluminio de las series 2000(Al-Cu), 5000(Al-Mg), 7000(Al-Zn), 8000(Al-Li) en los cuales se podrá llegar a realizar la soldadura de una pasada para espesores inferiores a 50 mm, o aluminios de la serie 6000(Al-Mg-Si) en los que se podrá hacer la unión de las placas con un espesor de hasta 75 mm. También se podrán soldar compuestos con matriz de metal con base de aluminio y aleaciones de aluminio de las series 1000, 3000(Al-Mn) y 4000(Al-Si).

Otros materiales que se podrán soldar satisfactoriamente serán el cobre y sus aleaciones(Cu), el plomo(Pb), el titanio

y sus aleaciones (Ti), aceros suaves y aceros al manganeso, aceros austeníticos, martensíticos, y aleaciones de níquel(Ni).En las herramientas empleadas, se tendrán que diferenciar dos partes: el *perno* y el *soporte* que sujeta a éste. Ambos elementos son clave a la hora de determinar la calidad de la unión ya que se ven afectados

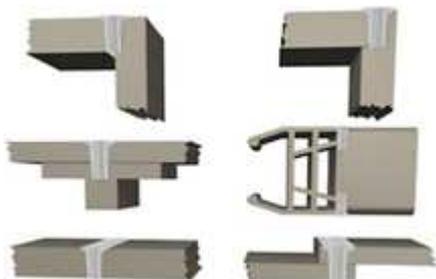
por diferentes tipos de fuerzas (fuerza estática, fuerza de fatiga), por la resistencia a la corrosión, y nos permiten calcular las fuerzas y velocidades necesarias para controlar el flujo del metal. Existe un amplio abanico de



geometrías disponibles, pero las más usadas son las herramientas con perno fijo, que no se mueve respecto a la sujeción (la primera figura de la imagen), y las herramientas con perno retráctil (segunda y tercera figuras de la imagen), que sí que poseen dicho movimiento, acomodándose de esta forma a las posibles variaciones de espesor a lo largo de la unión. Además se podrá eliminar el agujero que queda cuando se retira la herramienta al final del proceso de soldadura. Se tendrá que tener en cuenta el material empleado en la fabricación de la herramienta en función de los materiales que se van a soldar, por lo que tendrán que

tener una elevada resistencia a la abrasión y a la fatiga a altas temperaturas y deben tener un bajo desgaste.

De este modo tendremos herramientas que se podrán utilizar para soldar aluminios, fabricadas con aceros rápidos como puede ser, por ejemplo, acero AISI H13. Si por ejemplo se quiere soldar hierros fundidos o aceros endurecidos, se requerirá una temperatura más elevada, se emplean aleaciones, como el nitruro policristalino cúbico de boro (en inglés, Polycrystalline Cubic Boron Nitride, PCBN) que se encuentra, en lo referente a dureza, justo por debajo del diamante.



La soldadura por fricción-agitación se puede usar para realizar juntas lineales, tanto por una como por las dos caras de las piezas a unir, uniones de piezas superpuestas, en forma de T y soldaduras de esquina.

Gracias a la versatilidad de esta soldadura se podrán afrontar uniones circunferenciales, anulares o incluso soldaduras en tres dimensiones.

Dicho proceso se utiliza en diferentes sectores industriales como los que se mostrarán a continuación:

Industria naval y marina: estas dos industrias fueron las primeras que adoptaron este proceso de soldadura para

sus aplicaciones comerciales (paneles para cubiertas, tabiques, suelos, cascos y superestructuras, etc.). Gracias a la baja deformación y a los buenos acabados se logró reducir los costes, minimizando el post-proceso de soldadura de los componentes fabricados.

Industria aeroespacial: La soldadura por fricción-agitación ha sustituido al remachado en la mayoría de las estructuras importantes de los aviones, como en alas, fuselajes y colas de aviones además de tanques de combustible, ya que es aproximadamente 10 veces más rápido que el remachado manual y da lugar a una unión continua que mejora la rigidez estructural. En lo referente a la industria espacial se utiliza en vehículos lanzadera y también en los tanques de combustible.

Transporte terrestre: La soldadura por fricción-agitación se está utilizando en la actualidad en la industria del transporte. Se están desarrollando, por parte de varias compañías, diferentes aplicaciones comerciales como motores y chasis, llantas, cuerpos de camiones, grúas móviles o caravanas.

Otros sectores industriales: Dicha soldadura también se utiliza en la producción de motores eléctricos, en equipos de cocina, tanques de gas, intercambiadores de calor en la industria química y silos o almacenes en la industria agrícola.

2.2.5.3.- SOLDADURA EN FRÍO.

La soldadura en frío o por contacto, es un proceso de soldadura de estado sólido que se lleva a cabo sin necesidad de ninguna fusión en la interfaz de unión de las dos partes a soldar. A diferencia de la soldadura por fusión, los procesos de soldadura en frío se realizan, sin que ningún líquido (o fase líquida) esté presente en la unión de las dos piezas que se sueldan.

La soldadura en frío fue reconocida como un fenómeno de los materiales en la década de 1940. Entonces se descubrió que dos superficies planas y limpias de metales similares, se adhieren firmemente si se ponen en contacto aplicando el vacío y la presión apropiada.

- Un caso típico de soldadura en frío es el de la pepita de oro, que se puede formar en los ríos auríferos por golpeo a lo largo de los años de pequeñas partículas de oro con las piedras y cantos rodados del río.

En la soldadura en frío, se aplica presión a las piezas mediante matrices o rollos. Debido a la deformación plástica que tiene lugar, es necesario que al menos una de las piezas a ensamblar sea dúctil (pero preferiblemente las dos). Antes de la soldadura, la superficie de unión es desengrasada, con cepillo de alambre, y frotada para sacar las manchas de óxido.

La soldadura en frío puede ser utilizada para unir piezas pequeñas hechas de metales blandos y dúctiles.

Las aplicaciones incluyen cables de almacenaje y conexiones eléctricas (como conectores con desplazamiento de aislamiento).

III. APLICACIÓN DEL R.D. 681 / 2003, EN PUESTOS DE TRABAJO CON OPERACIONES DE SOLDADURA.

3.1.- Introducción.

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.

Con objeto de prevenir las explosiones 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.

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.

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.

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:

- 1) 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.
- 2) 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.

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.

El empresario deberá clasificar en zonas, con arreglo al anexo I, las áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas.

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.

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.

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 (DPCE). 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.

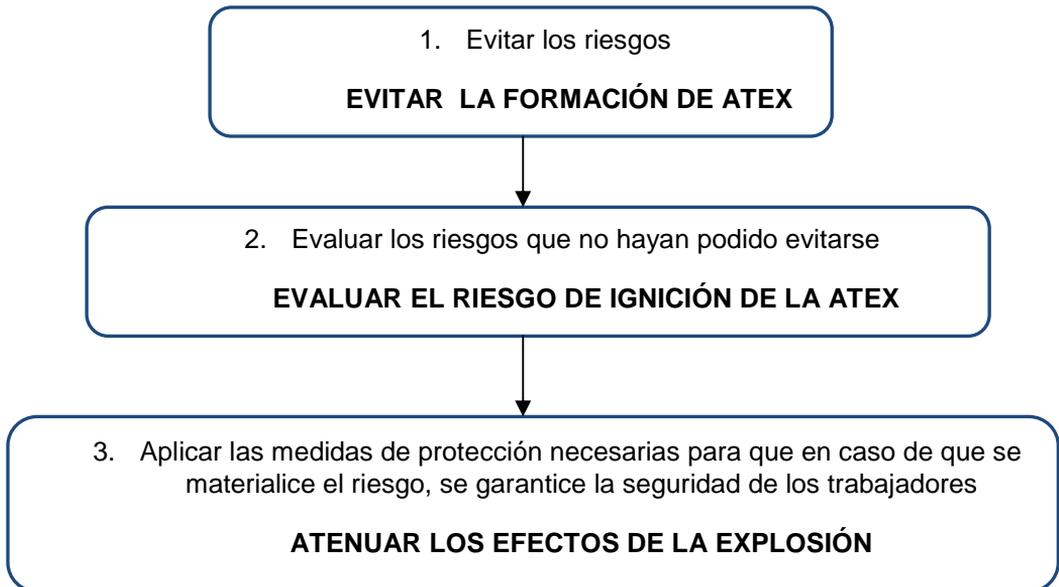
- e) Que el lugar y los equipos de trabajo, incluidos los sistemas de alerta, están diseñados y se utilizan y mantienen
- f) Teniendo debidamente en cuenta la seguridad.
- g) Que se han adoptado las medidas necesarias, de conformidad con el Real Decreto 1215/1997, para que los equipos de trabajo se utilicen 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.

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.

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.



Principios para la prevención y protección frente al riesgo de explosión.

3.2.- *Identificación y Clasificación de zonas ATEX.*

Como ya se ha comentado, la definición de atmósfera explosiva del R.D. 681/3002 en su artículo 2, 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.

Otro aspecto que debe cumplirse para que una atmósfera pueda considerarse como explosiva, a efectos de éste Real Decreto, es el hecho de que la mezcla de las sustancias inflamables con el aire se debe producir en *condiciones atmosféricas*. Estas condiciones se refieren a la presión y temperatura habituales en el ambiente de trabajo. Por ejemplo, dentro del ámbito de aplicación de este Real Decreto, no se consideraría atmósfera explosiva 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 atmosféricos.

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 específica.

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 las fichas de datos de seguridad.

Cuando se trate de sustancias y preparados que no estén clasificados 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 LPRL. Si se analizan mezclas cuyos datos de inflamabilidad no sean conocidos, pero que se sospecha que, en las condiciones de utilización, pueden formar atmósferas explosivas, y en cualquier otro caso, puede obtenerse información 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 ONU, OIT, OMS...;
- Bibliografía especializada, bases de datos...;

- Si se requirieren datos más precisos, se puede recurrir a ensayos normalizados.

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.

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 áreas de riesgo se clasificarán en zonas teniendo en cuenta la probabilidad o 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. 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.

3.2.1.- Atmósferas Explosivas en forma de gases, vapores o nieblas inflamables.

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.

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.

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.

3.2.2.- Atmósferas Explosivas en forma de polvo o partículas sólidas en suspensión inflamables.

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*.

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.

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*.

3.3.- Evaluación de los Riesgos de Explosión en puestos con procesos de soldadura.

El riesgo de incendio y explosión se nos presenta en el lugar de trabajo con un potencial intrínseco de pérdidas humanas y materiales importante. Representan también un riesgo para la población en general.

Los procesos de soldadura implican una serie de riesgos nada desdeñables y de diversa naturaleza, como son:

a) Los relacionados con las *energías utilizadas*:

- Energía eléctrica
- Llamas y gases
- Láser y rayos de electrones
- Ultrasonidos

b) Los relacionados con el *proceso productivo*:

- Generación de radiaciones
- Generación de humos y gases

c) Los relacionados con las *condiciones de trabajo*:

- Trabajos en altura

- Trabajos en espacios confinados
- d) Los relacionados con operaciones complementarias:
 - Amolado
 - Cepillado
 - Desbarbado
 - Etc....

El conocimiento de los mismos y de las medidas de prevención a aplicar, es el primer paso para evitar accidentes y enfermedades profesionales derivadas de esta actividad.

Según algunas estadísticas, un 90% aproximadamente de todos los incendios y explosiones industriales, tienen su causa en once fuentes de ignición:

- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| ■ Incendios eléctricos 19% | ■ Chispas de combustión 6% |
| ■ Roces y fricciones 14% | ■ Llamas abiertas 5% |
| ■ Chispas mecánicas 12% | ■ Soldadura y corte 4% |
| ■ Fumar y fósforos 8% | ■ Materiales recalentados 3% |
| ■ Ignición espontánea 7% | ■ Electricidad estática 2% |
| ■ Superficies calientes 7% | |

En general, podemos indicar, que en los procesos de soldadura el riesgo de incendio y explosión es causado en la mayoría de los casos por:

1. Presencia de focos de ignición y materiales inflamables.
2. Fugas de gases.
3. Retornos de llama.
4. Trabajos realizados en tanques o recipientes que han contenido líquidos inflamables.
5. Utilización incorrecta de los equipos de soldadura.
6. Presencia de atmósferas sobre-oxigenadas.
7. Utilización de equipos a presión.

3.3.1.- Probabilidad de explosión y activación de fuentes de ignición.

3.3.1.1.- PROBABILIDAD DE FORMACIÓN DE ATEX.

En cuanto a la probabilidad de formación de atmósfera explosiva, por la mezcla de sustancias inflamables, bien en forma de gases, vapores o nieblas, bien en forma de polvos, con el aire, los puestos de trabajo con operaciones de soldadura en su proceso productivo, serán evaluados como cualquier otro puesto de trabajo.

Su clasificación en zonas (zona 0, zona 1, zona 2, zona 20, zona 21 y zona 22) determinarán el nivel de riesgo de explosión en cuanto a probabilidad de que suceda (alta, media o baja).

En lo que a las consecuencias se refiere, será necesario valorar las diferentes propiedades de las sustancias presentes, en concreto:

- I. Todas las sustancias que con arreglo al Reglamento 1272/2008 CLP (UE) de clasificación de la peligrosidad, están marcadas como:
 - inflamables (H221, H223, H226, H228),
 - fácilmente inflamables (H225) o,
 - extremadamente inflamables (H220, H224, H242, H250).

Gas licuado (butano, buteno, propano, propeno)

Gas natural

Gases de combustión (p.ej. monóxido de carbono o metano)

Sustancias químicas gaseosas (p.ej. acetileno, óxido de etilénico o cloruro de vinilo)

Disolventes

Carburantes

Crudos de petróleo

Aceites combustibles

Aceites lubricantes

Aceites usados

Lacas

Sustancias químicas hidrosolubles y no hidrosolubles
Carbón
Madera (serrines)
Alimentos para consumo humano o animal (p.ej. azúcar,
harina o cereales)
Materias sintéticas
Metales
Productos químicos

II. Se deberán valorar y medir las siguientes propiedades de las sustancias así como sus posibles estados de elaboración, en función de las circunstancias:

- Los límites de explosividad inferior y superior
- Las concentraciones máximas (en su caso, también las mínimas) de sustancias inflamables generadas o reinantes durante la manipulación.
- Los límites de explosividad inferior y superior de los vapores
- El límite de explosividad inferior de las nieblas
- El punto de ignición
- La temperatura de elaboración o ambiental
- La forma de trabajar con un líquido (p.ej. pulverización, inyección y dispersión de un chorro líquido, evaporación y condensación)

- Utilización de un líquido con presiones elevadas (p.ej. en sistemas hidráulicos)
 - Las concentraciones máximas (en su caso, también las mínimas) de sustancias inflamables generadas o reinantes durante la manipulación de éstas (sólo en el interior de aparatos o instalaciones)
 - Presencia o formación de mezclas polvo/aire o de depósitos de polvo. Ejemplos: molienda o cribado; transporte, llenado o vaciado; secado.
 - Las concentraciones máximas de sustancias inflamables generadas o reinantes durante la manipulación de éstas en comparación con el límite inferior de explosividad.
 - Límites de explosividad inferior y superior.
 - Composición granulométrica (importa la granulometría inferior a 500 μm), humedad, punto de carbonización.
- III. Si es posible la formación de una atmósfera explosiva, debe determinarse, mediante medición, en qué punto del lugar de trabajo o de la instalación puede producirse, al objeto de limitar el potencial riesgo. También en este caso deben observarse las propiedades de las

sustancias y las especificaciones de la instalación, de los procesos y del entorno:

- Densidad relativa respecto del aire, pues cuanto mayor sea el peso de los gases y vapores, tanto más deprisa descenderán y se irán mezclando progresivamente con el aire disponible, para acabar estancados en fosas, hoyos, canales y pozos.
- El más mínimo movimiento del aire (corriente natural, caminar de personas, convección térmica) ya puede acelerar considerablemente la mezcla con el aire.
- Índice de evaporación, que determina la cantidad de atmósfera explosiva que va a formarse a una temperatura dada.
- Tamaño del área de evaporación y temperatura de trabajo, p.ej. en la nebulización o inyección de líquidos.
- Sobrepresión que provoca la liberación de líquidos pulverizados en el ambiente y la formación de nieblas explosivas.
- Aparición de polvo levantado, p.ej. en filtros, durante el transporte en recipientes, en puntos de trasiego o en el interior de secadores.

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

También deben tenerse en cuenta las circunstancias locales y operativas como son:

- Modo de manipulación de las sustancias con confinamiento hermético de gases, líquidos y polvo o en aparatos abiertos, p.ej. en la carga y el vaciado.
- Posibilidad de derrame de sustancias por válvulas, compuertas, conexiones de tubería, etc.
- Condiciones de aportación y extracción de aire y otros aspectos de la configuración del local.
- Cabe prever la presencia de sustancias o mezclas combustibles sobre todo allí donde no llega la ventilación como, p.ej. en zonas no ventiladas situadas por debajo del nivel del suelo como fosas, canales y pozos.

3.3.1.2.- PROBABILIDAD DE ACTIVACIÓN DE FUENTES DE IGNICIÓN.

A la hora de valorar los riesgos de explosión derivados de la probabilidad de activación de fuentes de ignición, en puestos de trabajo con operaciones de soldadura, será necesario tener en cuenta varios factores:

1. La naturaleza de cada uno de los diferentes sistemas de soldadura (energía eléctrica, gas, láser, plasma, ultrasonidos, fricción, etc...)
2. Las diferentes fuentes o focos de ignición presentes en el puesto.
3. Empleo de equipos de trabajo fijos o móviles.
4. Actuaciones de mantenimiento que requieran la utilización de equipos de soldadura (reparaciones, modificaciones, etc...)

Deberemos ser minuciosos a la hora de analizar, no sólo las fuentes de ignición de origen eléctrico, sino también las de tipo mecánico, así como las motivadas por la electricidad estática, tanto de origen en los procesos que se desarrollen, como en la ropa de trabajo del personal, así como las derivadas de puntos calientes y las que tienen su origen en lo que podríamos denominar tareas complementarias (trabajos de mantenimiento, fundamentalmente).

Recordar que las fuentes de ignición a considerar serán, según la norma EN 1127-1, en cada uno de los sistemas, son las siguientes:

- Superficies calientes
- Llamas y gases calientes
- Chispas generadas de forma mecánica
- Chispas eléctricas
- Corrientes eléctricas de dispersión
- Protección contra la corrosión catódica
- Electricidad estática
- Rayos
- Campos electromagnéticos
- Radiaciones electromagnéticas
- Radiaciones ionizantes
- Ultrasonidos
- Ondas de choque de compresión adiabática
- Flujos de gas y reacciones químicas

Las fuentes de ignición se deberían clasificar de acuerdo con la probabilidad de que aparezcan, de la manera siguiente:

- a) fuentes de ignición presentes de manera constante o frecuentemente;
- b) fuentes de ignición que pueden aparecer en determinadas circunstancias;
- c) fuentes de ignición que pueden aparecer en circunstancias muy raras.

3.3.1.2.1.- Zonas con procesos de soldadura de origen eléctrico.

Sistemas de soldadura como arco eléctrico manual (electrodo), MIG y TIG, tanto en equipos fijos como móviles, representan un riesgo elevado al utilizarse en puestos en los que pueden existir atmósferas peligrosas o potencialmente peligrosas, ya sea con un uso frecuente (puestos fijos), ocasional o raro.

Originan fuentes de ignición del tipo:

- Superficies calientes.
- Chispas eléctricas.
- Electricidad estática.
- Corrientes eléctricas de dispersión.
- Flujos de gas y reacciones químicas (MIG y TIG)

Posteriores operaciones complementarias (limado, desbarbado, esmerilado, etc...), pueden dar lugar a la generación de chispas mecánicas.

Otros sistemas como arco sumergido, presentan menor riesgo aunque no despreciable, ya que el proceso se realiza en el interior de una solución. Estos procesos pueden generar

fuentes del tipo de electricidad estática o corrientes de dispersión.

Similar tratamiento deberán tener los sistemas basados en soldadura por resistencia, soldadura por puntos o de costura, que pueden generar chispas de origen eléctrico, corrientes parásitas o estática.

3.3.1.2.2.- Zonas con procesos de soldadura de gas.

Tanto en los procesos de soldadura como de corte, basados en el empleo de llamas y gases calientes, como son la soldadura oxiacetilénica o el plasma (mezcla de arco y gas), el riesgo fundamental a tener en cuenta es la utilización de llamas en los procesos, lo que representa la existencia de una importante fuente de ignición con alta probabilidad de activar una explosión.

No hay que olvidar otros importantes riesgos, que pueden dar lugar a explosiones o incendios como son:

- Presencia de materiales inflamables.

- Fugas y escapes de gases
- Retornos de llama
- Trabajo con equipos a presión.
- Almacenamiento de sustancias inflamables.

Cuando se trata de procesos con utilización de plasma (líneas de corte de chapa), será necesario añadir los riesgos derivados del empleo de energía eléctrica.

3.3.1.2.3.- Zonas con procesos de soldadura por rayo de energía.

Aunque de menor riesgo, en lo que a generación de explosiones se refiere, que los anteriores sistemas citados, los procesos como soldadura láser o por rayo de electrones representan tecnologías muy innovadoras y con un alto nivel de seguridad en sus equipos.

Será necesario evaluar la presencia de focos y fuentes de ignición como generación de campos y radiaciones electromagnéticas, radiaciones ionizantes y corrientes parásitas generadas por deficiencias en el funcionamiento de los equipos.

3.3.1.2.4.- Zonas con procesos de soldadura de estado sólido.

Procesos como la soldadura por ultrasonidos o la soldadura por fricción, presentan el mismo tipo de riesgo que el proceso anterior, es decir, el nivel de riesgo de activación por fuente de ignición, es considerablemente menor que en los casos de soldadura de origen eléctrico o por gas, ya que se trata de tecnologías de última generación en la que prácticamente no existen focos por generación de chispas, llamas o amplias superficies calientes. Los equipos empleados están perfectamente aislados eléctricamente y el nivel de radiación emitida, está perfectamente focalizado (ultrasonidos).

En el caso de la soldadura por fricción, será necesario evaluar, en función del tamaño y naturaleza de las soldaduras a realizar, fuentes o focos de ignición como calor o chispas resultantes del proceso.

3.4.- Medidas de protección en presencia de zonas ATEX.

En general, las medidas de protección a aplicar en presencia de atmósferas explosivas, son aquellas cuyo objetivo prioritario es *impedir* su desarrollo y presencia, *evitar* la ignición de las mismas y *atenuar* las consecuencias cuando se producen explosiones, para garantizar en lo posible la seguridad y la salud de los trabajadores presentes.

En lo referente a medidas destinadas a *evitar la formación, desarrollo o presencia de atmósferas explosivas*, recordar que las medidas principales a adoptar, son todas aquellas relacionadas con:

- a) Sustituir o reducir el uso de sustancias inflamables.
- b) Limitar la concentración de las mismas.
- c) Dilución del oxígeno o el combustible con sustancias inertes.
- d) Aislamiento hermético de puestos.
- e) Mantenimiento frecuente.
- f) Sistemas de ventilación adecuados.
- g) Colocación de aparatos detectores de gas.

En cuanto a aquellas destinadas a atenuar o limitar las consecuencias o efectos de una explosión, las más empleadas son:

- a) Sistemas de venteo o alivio de la presión.
- b) Sistemas de supresión de la explosión.
- c) Aislamiento e interrupción de la explosión.
- d) Medidas estructurales y de construcción.

Los procesos de soldadura, se caracterizan por aportar diferentes fuentes de ignición según su naturaleza, lo que aumenta la probabilidad de ignición de cualquier atmósfera explosiva presente. Los de mayor riesgo, son los sistemas de soldadura de origen eléctrico y los que emplean llamas y gas o mezcla de gases.

A continuación, se describen las medidas de protección más habituales en cuanto a evitar la activación o ignición de atmósferas explosivas.

3.4.1.- Procesos de soldadura de origen eléctrico (arco eléctrico).

Preparación y montaje de equipos móviles:

- Las conexiones fijas de enganche a la red deben ser instaladas únicamente por personal eléctrico especialista.
- La tensión eléctrica del equipo en vacío, es decir, cuando aún no se ha establecido el arco, puede ser mucho mayor que la de trabajo, así que ha de vigilarse con atención el estado de los cables. Emplear sólo empalmes y cables en buen estado y perfectamente aislados.
- Durante las operaciones de soldadura, debe estar correctamente conectado el cable de masa, que debe ser un conductor especial para la conexión a tierra de la armadura de la máquina, y que debe estar en perfecto estado de conservación.
- Establecer la conexión a tierra tan cerca como sea posible de la zona donde se vaya a efectuar la soldadura.
- El número de conexiones a tierra en cualquier punto no debe pasar de dos, así se evita la excesiva generación de calor.
- Limpiar el área cercana a la conexión de cualquier clase de líquido.
- No efectuar la toma en ningún elemento metálico con posibilidades de quedar bajo tensión eléctrica.
- La máquina de soldar, incluyendo la armadura del motor del generador y la caja de arranque, deben estar interconectados para formar una tierra permanente.
- Si se trabaja en la misma zona que el equipo de soldar con herramientas eléctricas, éstas han de tener un aislamiento protector, ya que de lo contrario podrían llegar a fundirse sus

conductores de protección por efecto de las corrientes inducidas por la soldadura.

- Cuando la pieza que haya de soldar se encuentre colgada de un gancho de carga, intercale un aislante intermedio entre ambos, por ejemplo una cuerda de cáñamo.

Transporte y desplazamiento seguro de los equipos:

- Los equipos o unidades portátiles deben ser desconectados de la red antes de ser trasladados o transportados, incluso cuando se vayan a limpiar o reparar.
- Enrollar los cables de conexión a la red y los de soldadura antes de realizar cualquier transporte.

Proceso de soldadura seguro:

- Antes de conectar o desconectar la máquina, abra el circuito de la línea de fuerza para evitar chispas. Sea cuidadoso para mantener el cable seco.
- Cuando se suspenda el trabajo, abrir el interruptor de la línea de fuerza.
- Dejar siempre el porta-electrodos depositado encima de objetos aislantes, o colgado de una horquilla aislada.
- Para evitar que la tensión en vacío descargue a través de su cuerpo, y los demás peligros asociados a las radiaciones ultravioleta, infrarrojas y a las de luz visible muy intensa, ser

cuidadoso a la hora de llevar la protección individual requerida, en especial:

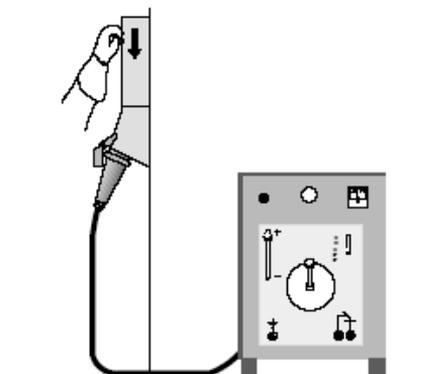
- Llevar los guantes aislantes protectores.
 - No estar con los brazos descubiertos, los rayos ultravioleta del arco pueden quemar la piel.
 - Usar pantalla protectora facial con cristales absorbentes.
 - Si se necesita corrección visual, nunca utilizar en este caso, lentes de contacto.
 - Los ayudantes deben llevar gafas con protección lateral y cristales absorbentes, absteniéndose igualmente de utilizar lentes de contacto.
 - La cara debe estar como mínimo a 30 cm del arco de soldadura mientras se realizan los trabajos.
- Si en los alrededores hay otros puestos de trabajo, debe protegerlos de las radiaciones usando pantallas adecuadas.
 - En definitiva, el equipo de protección individual mínimo requerido será un traje de trabajo cerrado hasta arriba, mandil o peto de cuero, polainas, guantes con manopla y pantalla de soldador.
 - Se debe situar cerca del lugar de trabajo un extintor adecuado a la tarea específica que desarrolle (polvo polivalente, CO₂, espuma, etc...).

Equipos de soldadura:

Circuitos con corriente eléctrica:

En la mayoría de los talleres el voltaje usado es 230 ó 400 volts. El operador debe tener en cuenta el hecho que éstos, son voltajes altos, capaces de inferir graves lesiones. Por ello es muy importante que ningún trabajo se haga en los cables, interruptores, controles, etc., antes de haber comprobado que la máquina ha sido desconectada de la energía, abriendo el interruptor para desconectar el circuito. Cualquier inspección en la máquina debe ser hecha cuando el circuito ha sido desconectado.

Circuitos con Corriente



Línea a Tierra:

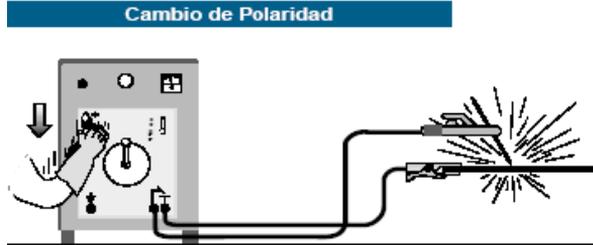
Todo circuito eléctrico debe tener una línea a tierra para evitar que la posible formación de corrientes parásitas activen focos de ignición o un choque eléctrico al operador, cuando éste, por ejemplo, llegue a poner una mano en la carcasa de la máquina. Nunca operar con una máquina que no disponga de línea a tierra.

Línea a Tierra



Cambio de Polaridad:

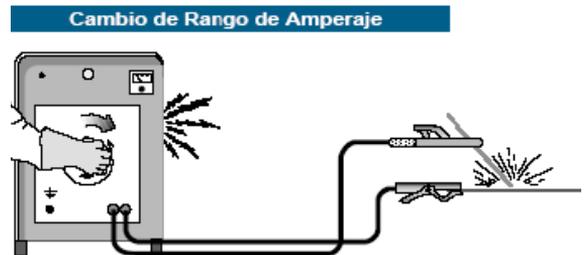
El cambio de polaridad se realiza para cambiar el polo del electrodo de positivo (polaridad invertida) a negativo (polaridad directa). No



hay que cambiar el selector de polaridad cuando la máquina está operando, ya que al hacerlo saltará el arco eléctrico en los contactos del interruptor, destruyéndolos. Si la máquina soldadora no tiene selector de polaridad, cambiar los terminales cuidando que ésta no esté conectada.

Cambio de rango de amperaje:

En las máquinas que tienen dos o más escalas de amperaje, no es recomendable efectuar cambios de rango cuando se está soldando, esto puede producir daños en las tarjetas de control, u



otros componentes tales como tiristores, diodos, transistores, etc.

En máquinas tipo clavijeros no se debe cambiar el amperaje cuando el equipo está soldando ya que se producen serios daños en los contactos eléctricos, causados por la aparición de un arco eléctrico al interrumpir la corriente.

En máquinas tipo Shunt móvil, no es aconsejable regular el amperaje soldando, puesto que se puede dañar el mecanismo que mueve el Shunt.

Circuito de Soldadura:

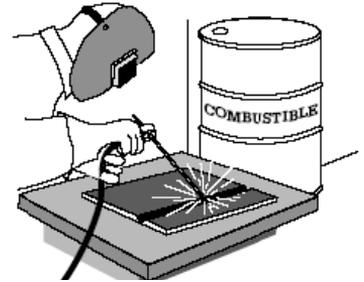
Cuando no está en uso el porta electrodos, nunca debe ser dejado encima de la mesa o en contacto con cualquier otro objeto que tenga una línea directa a la superficie donde se suelda. El peligro en este caso es que el porta electrodo, en contacto con el circuito a tierra, provoque en el transformador del equipo un corto circuito.

La soldadura no es una operación de riesgo si se respetan las medidas preventivas adecuadas. Esto requiere un conocimiento de las posibilidades de daño que pueden ocurrir en las operaciones de soldar y una precaución habitual de seguridad por el operador.



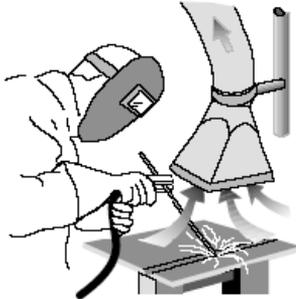
Entorno y condiciones de trabajo:

- Nunca se debe soldar en la proximidad de líquidos inflamables, gases, vapores, metales en polvo o polvos combustibles.

Riesgos de Incendio

- Cuando el área de soldadura contiene gases, vapores o polvos, es necesario mantener aireado y ventilado el lugar mientras se suelda.

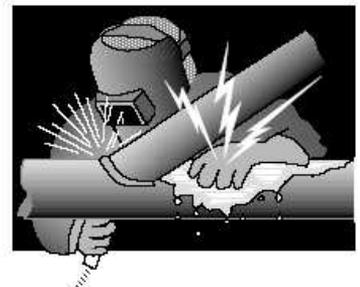
- Nunca soldar en la proximidad de materiales inflamables o de combustibles no protegidos.

Ventilación

oxígeno disponible, a la par con el calor de la soldadura y el humo restante, el operador queda expuesto a severas molestias y enfermedades.

- La humedad entre el cuerpo y algo electrificado forma una línea a tierra que puede conducir

- operación arriesgada, porque al consumirse el

Humedad

corriente al cuerpo del operador y producir un choque eléctrico.

- El operador nunca debe estar sobre una poza o sobre suelo húmedo cuando suelda, como tampoco trabajar en un lugar húmedo.
- Deberá conservar sus manos, vestimenta y lugar de trabajo continuamente secos.

Seguridad en operaciones de soldadura en depósitos, tanques, silos y recipientes cerrados:

Soldar recipientes que hayan contenido materiales inflamables o combustibles es una operación de soldadura extremadamente peligrosa. A continuación se detallan recomendaciones que deben ser observadas en este tipo de trabajos.

a) Preparar el depósito para su lavado:

La limpieza de recipientes que hayan contenido combustibles debe ser efectuada sólo por personal experimentado y bajo directa supervisión.

No deben emplearse hidrocarburos clorados (tales como tricloroetileno y tetracloruro de carbono), debido a que se descomponen por calor o radiación de la soldadura, para formar fosfógeno, gas altamente venenoso.

b) Métodos de lavado:

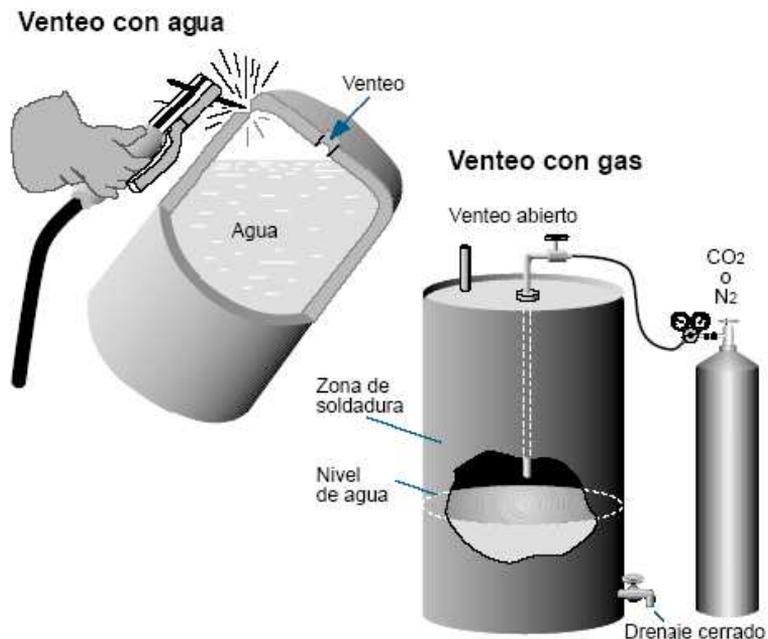
La elección del método de limpieza depende generalmente de la sustancia contenida. Existen tres métodos: agua, solución química caliente y vapor.

c) Preparar el estanque para la operación de soldadura:

Al respecto existen dos tratamientos:

- Agua
- Gas CO₂-N₂

El proceso consiste en llenar el estanque a soldar con alguno de éstos fluidos, de tal forma que los gases inflamables sean desplazados desde el interior.



Medidas organizativas: Permisos de trabajo o de fuego.

Para complementar las medidas anteriores y garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, es conveniente establecer sistemas de permiso de trabajo o permiso de fuego, que garanticen la seguridad a

la hora de realizar trabajos de soldadura en determinadas áreas productivas, y que contribuyen al control de las distintas responsabilidades, características y especificaciones que se deben cumplir antes de comenzar los trabajos.

Del mismo modo, el establecimiento de métodos y procedimientos de trabajo escritos así como la correspondiente formación e información sobre los mismos a los trabajadores, contribuyen a mejorar el nivel de seguridad establecido.

3.4.2.- Procesos de soldadura por llamas y gases calientes (autógena, plasma, oxiacetilénica).

Los riesgos de incendio y/o explosión, en procesos de soldadura por gas, se pueden prevenir aplicando una serie de normas de seguridad de tipo general y otras específicas que hacen referencia a la utilización de las botellas, las mangueras y el soplete. Por otra parte se exponen normas a seguir en caso de retorno de la llama.

Normas de Seguridad Generales:

- Se prohíben los trabajos de soldadura y corte, en locales o zonas próximas en donde se almacenen materiales inflamables, combustibles, donde exista riesgo de explosión (ATEX) o en el interior de recipientes que hayan contenido sustancias inflamables.
- Para trabajar en recipientes que hayan contenido sustancias explosivas o inflamables, se debe limpiar con agua caliente y desgasificar con vapor de agua, por ejemplo. Además se comprobará con la ayuda de un medidor de atmósferas peligrosas (exposímetro), la ausencia total de gases.
- Se debe evitar que las chispas producidas por el soplete alcancen o caigan sobre las botellas, mangueras o líquidos inflamables.
- No utilizar el oxígeno para limpiar o soplar piezas o tuberías, etc., o para ventilar una estancia, pues el exceso de oxígeno incrementa el riesgo de incendio.
- Los grifos y los manorreductores de las botellas de oxígeno deben estar siempre limpios de grasas, aceites o combustible de cualquier tipo. Las grasas pueden inflamarse espontáneamente por acción del oxígeno.
- Si una botella de acetileno se calienta por cualquier motivo, puede explosionar; cuando se detecte esta circunstancia se debe cerrar el grifo y enfriarla con agua, si es preciso durante horas.

- Si se incendia el grifo de una botella de acetileno, se tratará de cerrarlo, y si no se consigue, se apagará con un extintor de nieve carbónica o de polvo.
- Después de un retroceso de llama o de un incendio del grifo de una botella de acetileno, debe comprobarse que la botella no se calienta sola.

Normas de seguridad específicas:

Utilización de botellas:

- Las botellas deben estar perfectamente identificadas en todo momento, en caso contrario deben inutilizarse y devolverse al proveedor.
- Todos los equipos, canalizaciones y accesorios deben ser los adecuados a la presión y gas a utilizar.
- Las botellas de acetileno llenas se deben mantener en posición vertical, al menos 12 horas antes de ser utilizadas. En caso de tener que tumbarlas, se debe mantener el grifo con el orificio de salida hacia arriba, pero en ningún caso a menos de 50 cm. del suelo.
- Los grifos de las botellas de oxígeno y acetileno deben situarse de forma que sus bocas de salida apunten en direcciones opuestas.

- Las botellas en servicio deben estar libres de objetos que las cubran total o parcialmente.
- Las botellas deben estar a una distancia entre 5 y 10 m de la zona de trabajo.
- Antes de empezar una botella comprobar que el manómetro marca “cero” con el grifo cerrado.
- Si el grifo de una botella se atasca, no se debe forzar la botella, se debe devolver al suministrador marcando convenientemente la deficiencia detectada.
- Antes de colocar el manorreductor, debe purgarse el grifo de la botella de oxígeno, abriendo un cuarto de vuelta y cerrando a la mayor brevedad.
- Colocar el manorreductor con el grifo de expansión totalmente abierto; después de colocarlo se debe comprobar que no existen fugas utilizando agua jabonosa, pero nunca con llama. Si se detectan fugas se debe proceder a su reparación inmediatamente.
- Abrir el grifo de la botella lentamente; en caso contrario el reductor de presión podría quemarse.
- Las botellas no deben consumirse completamente pues podría entrar aire. Se debe conservar siempre una ligera sobrepresión en su interior.
- Cerrar los grifos de las botellas después de cada sesión de trabajo. Después de cerrar el grifo de la botella se

debe descargar siempre el manorreductor, las mangueras y el soplete.

- La llave de cierre debe estar sujeta a cada botella en servicio, para cerrarla en caso de incendio. Un buen sistema es atarla al manorreductor.
- Las averías en los grifos de las botellas debe ser solucionadas por el suministrador, evitando en todo caso el desmontarlos.
- No sustituir las juntas de fibra por otras de goma o cuero.
- Si como consecuencia de estar sometidas a bajas temperaturas se hiela el manorreductor de alguna botella utilizar paños de agua caliente para deshelas.

Mangueras:

- Las mangueras deben estar siempre en perfectas condiciones de uso y sólidamente fijadas a las tuercas de empalme.
- Las mangueras deben conectarse a las botellas correctamente sabiendo que las de oxígeno son negras y las de acetileno rojas, teniendo estas últimas un diámetro mayor que las primeras.
- Se debe evitar que las mangueras entren en contacto con superficies calientes, bordes afilados, ángulos vivos

o caigan sobre ellas chispas procurando que no formen bucles.

- Las mangueras no deben atravesar vías de circulación de vehículos o personas sin estar protegidas con apoyos de paso de suficiente resistencia a la compresión.
- Antes de iniciar el proceso de soldadura se debe comprobar que no existen pérdidas en las conexiones de las mangueras utilizando agua jabonosa, por ejemplo. Nunca utilizar una llama para efectuar la comprobación.
- No se debe trabajar con las mangueras situadas sobre los hombros o entre las piernas.
- Las mangueras no deben dejarse enrolladas sobre las ojivas de las botellas.
- Después de un retorno accidental de llama, se deben desmontar las mangueras y comprobar que no han sufrido daños. En caso afirmativo se deben sustituir por unas nuevas desechando las deterioradas.

Sopletes:

- El soplete debe manejarse con cuidado y en ningún caso, golpear objetos con él.
- En la operación de encendido debería seguirse la siguiente secuencia de actuación:

- a) Abrir lentamente y ligeramente la válvula del soplete correspondiente al oxígeno.
 - b) Abrir la válvula del soplete correspondiente al acetileno alrededor de 3/4 de vuelta.
 - c) Encender la mezcla con un encendedor o llama piloto.
 - d) Aumentar la entrada del combustible hasta que la llama no despida humo.
 - e) Acabar de abrir el oxígeno según necesidades.
 - f) Verificar el manorreductor.
-
- En la operación de apagado debería cerrarse primero la válvula del **acetileno** y después la del **oxígeno**.
 - No colgar nunca el soplete en las botellas, ni siquiera apagado.
 - No depositar los sopletes conectados a las botellas en contenedores cerrados.
 - La reparación de los sopletes la deben hacer técnicos especializados.
 - Limpiar periódicamente las toberas del soplete pues la suciedad acumulada facilita el retorno de la llama. Para limpiar las toberas se puede utilizar una aguja de latón.
 - Si el soplete tiene fugas se debe dejar de utilizar inmediatamente y proceder a su reparación. Hay que

tener en cuenta que fugas de oxígeno en locales cerrados pueden ser muy peligrosas.

Retorno de llama:

En caso de retorno de la llama se deben seguir los siguientes pasos:

- a) Cerrar la llave de paso del oxígeno interrumpiendo la alimentación a la llama interna.
- b) Cerrar la llave de paso del acetileno y después las llaves de alimentación de ambas botellas.
 - ✓ En ningún caso se deben doblar las mangueras para interrumpir el paso del gas.
 - ✓ Efectuar las comprobaciones pertinentes para averiguar las causas y proceder a solucionarlas.

Del mismo modo que para anteriores sistemas de soldadura y como complemento a las medidas de seguridad citadas, se establecerán medidas organizativas que incluyan *sistemas de permisos de trabajo o de fuego*, desarrollo de *métodos y procedimientos de trabajo* escritos así como *acciones formativas e informativas* para los trabajadores, que garanticen los niveles de seguridad establecidos por la ley.

3.4.2.1.- MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE GASES A PRESIÓN.

En general, se aplicarán medidas dentro del Reglamento de almacenamiento de productos químicos la ITC-MIE-APQ-005 sobre Almacenamiento de botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión (O.21.07.1992, B.O.E. de 14.08.1992). De esta ITC entresacamos los aspectos más relevantes.

Emplazamientos:

- No deben ubicarse en locales subterráneos o en lugares con comunicación directa con sótanos, huecos de escaleras, pasillos, etc.
- Los suelos deben ser planos, de material difícilmente combustible y con características tales que mantengan el recipiente en perfecta estabilidad.

Ventilación:

- En las áreas de almacenamiento cerradas la ventilación será suficiente y permanente, para lo que deberán disponer de aberturas y huecos en comunicación directa con el exterior y distribuidas convenientemente en zonas altas y bajas. La superficie total de las aberturas será como mínimo

1/18 de la superficie total del área de almacenamiento.

Instalación eléctrica:

- Estará de acuerdo con los vigentes Reglamentos Electrotécnicos.

Protección contra incendios:

- Indicar mediante señalización la prohibición de fumar.
- Las botellas deben estar alejadas de llamas desnudas, arcos eléctricos, chispas, radiadores u otros focos de calor.
- Proteger las botellas contra cualquier tipo de proyecciones incandescentes.
- Si se produce un incendio se deben desalojar las botellas del lugar de incendio y se hubieran sobrecalentado se debe proceder a enfriarse con abundante agua.

Medidas complementarias:

- Utilizar códigos de colores normalizados para identificar y diferenciar el contenido de las botellas.
- Proteger las botellas contra las temperaturas extremas, el hielo, la nieve y los rayos solares.

- Se debe evitar cualquier tipo de agresión mecánica que pueda dañar las botellas como pueden ser choques entre sí o contra superficies duras.
- Las botellas con caperuza no fija no deben asirse por ésta. En el desplazamiento, las botellas, deben tener la válvula cerrada y la caperuza debidamente fijada.
- Las botellas no deben arrastrarse, deslizarse o hacerlas rodar en posición horizontal. Lo más seguro en moverlas con la ayuda de una carretilla diseñada para ello y debidamente atadas a la estructura de la misma. En caso de no disponer de carretilla, el traslado debe hacerse rodando las botellas, en posición vertical sobre su base o peana.
- No manejar las botellas con las manos o guantes grasientos.
- Las válvulas de las botellas llenas o vacías deben cerrarse colocándoles los capuchones de seguridad.
- Las botellas se deben almacenar siempre en posición vertical.
- No se deben almacenar botellas que presenten cualquier tipo de fuga. Para detectar fugas no se

utilizarán llamas, sino productos adecuados para cada gas.

- Para la carga/descarga de botellas está prohibido utilizar cualquier elemento de elevación tipo magnético o el uso de cadenas, cuerdas o eslingas que no estén equipadas con elementos que permitan su izado con su ayuda.
- Las botellas llenas y vacías se almacenarán en grupos separados.

Otras normas no reglamentarias:

- Almacenar las botellas al sol de forma prolongada no es recomendable, pues puede aumentar peligrosamente la presión en el interior de las botellas que no están diseñadas para soportar temperaturas superiores a los 54°C.
- Guardar las botellas en un sitio donde no se puedan manchar de aceite o grasa.
- Si una botella de acetileno permanece accidentalmente en posición horizontal, se debe poner vertical, al menos doce horas antes de ser utilizada. Si se cubrieran de hielo se debe utilizar agua caliente para su eliminación antes de manipularla.

- Manipular todas las botellas como si estuvieran llenas.
- En caso de utilizar un equipo de mantenimiento mecánica para su desplazamiento, las botellas deben depositarse sobre una cesta, plataforma o carro apropiado con las válvulas cerradas y tapadas con el capuchón de seguridad.
- Cuando existan materias inflamables como la pintura, aceite o disolventes aunque estén en el interior de armarios espaciales, se debe respetar una distancia mínima de 6 m.

IV. ANEXO

4.1.- Elaboración de DPCE en línea de montaje con procesos de soldadura eléctrica.

El presente anexo tiene por objeto describir, a modo de ejemplo, la elaboración de un Documento de Protección Contra Explosiones tomando como base un clásico proceso industrial como es una línea de montaje, pintura y verificación de funcionamiento de equipos de manufactura, en los que aparecen equipos de soldadura, basados en arco eléctrico, como son la soldadura de electrodo y la de tipo MIG, mediante el empleo de aparatos portátiles.

El presente ejemplo, describe cada uno de los puntos exigidos por el R.D. 681 / 2003, así como terminología empleada, documentación de referencia consultada, sus bases de cálculo y criterios de valoración.

No olvidemos que al tratarse de un ejemplo, las circunstancias y los datos en cada caso, condicionan cada uno de los parámetros empleados e incluidos en el R.D. 681/2003.

DOCUMENTO DE PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIONES

INDICE

- 1.- OBJETO.
 - 1.1.- Objeto.
 - 1.2.- Normativa y legislación de referencia.
 - 1.3.- Fuentes consultadas.
 - 1.4.- Vocabulario.
- 2.- ALCANCE.
 - 2.1.- La Empresa.
 - 2.1.1.- Características.
 - 2.2.- Actividad.
 - 2.3.- Productos y sustancias implicadas en el proceso.
- 3.- MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN Y EVALUACIÓN.
 - 3.1.- Sustancias inflamables.
 - 3.1.1.- Polvos con riesgo de explosión.
 - 3.2.- Clasificación de zonas.
 - 3.2.1.- Grado de escape.
 - 3.2.2.- Ventilación.
 - 3.3.- Determinación del área.
 - 3.4.- Evaluación de zonas.
 - 3.4.1.- Focos de ignición.
 - 3.4.2.- Consecuencias previsibles.
 - 3.4.2.1.- Evaluación del riesgo de explosión.
 - 3.5.- Sistema de priorización.
- 4.- CLASIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO.
 - 4.1.- Documentación consultada.

- 4.2.- Características de la instalación.
- 4.3.- Determinación y evaluación de áreas.
 - 4.3.1.- Almacenamiento de productos químicos.
 - 4.3.2.- Área ensamblaje bastidor.
 - 4.3.3.- Área montaje elementos.
 - 4.3.4.- Área cerrado con envolventes.
 - 4.3.5.- Área de verificación.

5.- MEDIDAS DE PROTECCIÓN ADOPTADAS PARA PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIONES.

- 5.1.- Medidas de protección.
 - 5.1.1.- Medidas técnicas Preventivas
 - 5.1.1.1.- Medidas existentes.
 - 5.1.1.2.- Medidas adicionales propuestas.
 - 5.1.2.- Medidas de conformidad con el R.D. 1215/97 de utilización segura de los equipos de trabajo.
 - 5.1.3.- Medidas técnicas Constructivas.
 - 5.1.3.1.- Medidas existentes.
 - 5.1.3.2.- Medidas adicionales propuestas.
 - 5.1.4.- Medidas técnicas de Control de Procesos.
 - 5.1.4.1.- Medidas existentes.
 - 5.1.4.2.- Medidas adicionales propuestas.
 - 5.1.5.- Medidas Organizativas.
 - 5.1.5.1.- Medidas adicionales propuestas.

6.- REALIZACIÓN DE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIONES.

7.- PLAN DE COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES.

ANEXOS:

Anexo I: Medidas de seguridad del material eléctrico para atmósferas explosivas

1.- OBJETO.

1.1.- Objeto.

En este punto, el técnico firmante expone el objeto del documento, que no es otro que el cumplimiento de lo expuesto en 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 (Directiva Europea 1999/92/CE). En particular se pretende dar cumplimiento con su artículo 8, según el cual:

“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 R.D. 1215/1997, para que los equipos de trabajo se utilicen en condiciones seguras.*

El documento se suele basar en la Guía de buenas prácticas de carácter no obligatorio para la aplicación de la Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas [COM (2003) 515 final], y en particular en su punto 6 sobre las características del documento de protección contra explosiones. Esta Guía Técnica elaborada por la U.E., propone una estructura semejante a la desarrollada en el presente Documento de Protección contra Explosiones.

En la misma Guía se indica que según el artículo 8 de la Directiva 1999/92/CE (R.D. 681/2003) se establece expresamente la posibilidad de combinar las evaluaciones, los documentos o informes sobre riesgos de explosión ya existentes. Según esto, un documento de protección contra explosiones puede remitir a otros documentos sin necesidad de incluirlos de forma explícita e íntegra en dicho documento.

También se suelen tener en cuenta las disposiciones y recomendaciones, así como las interpretaciones legislativas, de la nueva Guía que desarrolla el RD 681/2003, editada por el **INSHT** en Diciembre de 2008.

Por otro lado en los casos en los que no se encuentra procedimiento legal, se suele recurrir a la aplicación de normas de reconocido prestigio como las normas UNE, NFPA, o como en algún apartado indica la guía del comité electrotécnico italiano CEI 31-35 (para criterios de delimitación de zonas), todos ellos procedimientos de reconocido prestigio en esta materia.

1.2.- Normas y Legislación de referencia.

Entre las más habituales cabe citar:

- Norma **UNE-EN 60079- 10** para atmósferas de gas explosivas
- Informe **UNE 202007IN** Guía de aplicación de la Norma Une 60079-10
- Norma **UNE 61241-10** para presencia de polvos combustibles
- Norma **UNE-EN 1127-1** “Prevención y protección contra la explosión”, parte 1: conceptos básicos y metodología
- **NTP-370** “Atmósferas potencialmente explosivas: clasificación de emplazamientos clase I”
- **MIE-BT 029**, “Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión”.
- **Reglamento Electrotécnico para Baja tensión**, aprobado por el Real Decreto 842 /2002 y sus Instrucciones Técnicas complementarias
- **Directivas ATEX.**
- **UNE 202004-3: 2003**
- Norma **CEI 61241-3.**
- Normas **NFPA** (National Fire Protection Association)
- **RD 681/2003** sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo

1.3.- Fuentes consultadas.

Los datos de explosividad de los productos y materiales que se utilizan o generan en la instalación se suelen extraer de:

- bases de datos e información de laboratorios acreditados como el *Laboratorio Madariaga* o el *Instituto Alemán BGIA*
- fichas de datos de seguridad facilitadas por los técnicos de la empresa titular de la instalación.
- referencias de normativa OSHAS
- guías técnicas para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las atmósferas explosivas en los lugares de trabajo, etc...
- informes sectoriales
- Fichas de seguridad de producto facilitadas por los proveedores a la empresa.

Según detalla la norma UNE-EN 1127-1 [15] sobre conceptos básicos para atmósferas explosivas,

“Es preciso tener en cuenta que dichos datos de seguridad no son constantes físicas, sino que dependen por ejemplo de las técnicas utilizadas para la medición. Así, para los polvos, las tablas de datos de seguridad sólo se utilizan a título de orientación, porque los valores dependen de la repartición granulométrica y de la forma de las partículas, del contenido de humedad y de la presencia de aditivos, incluso en pequeñas concentraciones. Para una aplicación específica, se deberían ensayar muestras del polvo presente en el aparato, y utilizar los datos obtenidos para la identificación del peligro”.

La guía editada por el INSHT también aclara este término como sigue:

“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 explosivas para polvos deberían usarse sólo como referencia”

El criterio fundamental, en caso de que no se pueda analizar el caso a partir de un dato o valor específico, es el de adoptar las condiciones que con más cautela nos garanticen la seguridad con respecto a este riesgo.

El presente documento se realiza con la información facilitada por el empresario al técnico responsable de la realización del documento, no haciéndose responsable éste último, de los errores o falta de apreciación debida a la falsedad o falta de datos de la misma.

El técnico responsable de la elaboración del Documento de Protección Contra Explosiones, deberá evidenciar que posee la formación y capacitación necesaria (tal y como indican los criterios del apartado 8, anexo II del R.D. 681/2003), así como verificar y comprobar que la información entregada por la empresa, es adecuada para la realización del mismo.

Del mismo modo, es importante recordar que la *clasificación de zonas es un documento vivo*, que puede cambiar en función de las modificaciones producidas sobre las sustancias, las fuentes de escape, así como los cambios introducidos que distorsionen el alcance esperable en las zonas.

Cualquier cambio en los equipos o en el proceso que son objeto de la clasificación de zonas implica una revisión de la clasificación actual y de las medidas preventivas y correctivas ligadas a la misma.

1.4.- Vocabulario relacionado.

Los términos utilizados con mayor frecuencia en documentos de este tipo son:

- **Atmósfera de gas explosiva:** mezcla de una sustancia inflamable en estado de gas, vapor o niebla con el aire, en condiciones atmosféricas, en las que después de la ignición, la combustión se propaga a toda la mezcla no consumida.
- **Atmósfera pulverulenta explosiva:** es una mezcla con aire en condiciones atmosféricas de sustancias inflamables en forma de polvo o fibras, en las cuales, tras una ignición, la combustión se expande hacia el exterior utilizando la mezcla no consumida.
- **Concentración mínima explosiva (CME):** límite inferior de las mezclas de polvo y aire, a partir de la cual es posible la propagación de una llama y el desarrollo de una explosión.
- **Condiciones anormales:** son disfunciones inesperadas en el proceso que ocurren de forma infrecuente (por ejemplo: fallos en partes del propio aparato o conectadas a él, fallos en filtros de material, fallos en conexiones flexibles, roturas en sacos de productos, escapes por sobre presión, etc.)
- **Condiciones normales de explotación:** es la utilización de las instalaciones de acuerdo con sus especificaciones técnicas de funcionamiento.
- **Emplazamiento peligroso:** es un espacio en el que una atmósfera explosiva está o puede estar presumiblemente presente en una cuantía tal, como para requerir precauciones especiales en la construcción, instalación y utilización de aparatos.

- **Emplazamientos de Clase I:** lugares en los que hay o puede haber gases, vapores o nieblas en cantidad suficiente para producir atmósfera explosiva o inflamable.
- **Emplazamientos de Clase II:** aquellos en los que el riesgo se debe a la presencia de polvo combustible..
- **Emplazamientos de Clase III:** antigua denominación para aquellos lugares en los que el riesgo se debe a la presencia de fibras o materiales volátiles fácilmente inflamables. Actualmente se asimilan a emplazamientos de Clase II.
- **Energía Mínima de Inflamación (EMI):** es la menor energía que, a partir de una descarga capacitiva, inicia la explosión de una mezcla gaseosa o de polvo en el aire.
- **Envoltente (de un equipo o sistema de protección):** todas las paredes incluyendo puertas, tapas, entrada de cables, varillas, ejes y mangos, que contribuyen a la protección del equipo o al sistema de protección y/o sus grados de protección (IP) de los aparatos eléctricos.
- **Explosión:** es una reacción brusca de oxidación o de descomposición, que produce un incremento de temperatura, de presión, o de los dos simultáneamente.
- **Extensión de la zona:** distancia en cualquier dirección desde el punto en que se produce la fuente de escape hasta el lugar donde el peligro asociado a tal zona se considere que no existe.

- **Fuente de escape de gas:** es un punto o lugar desde el cual se puede escapar a la atmósfera gas, vapor o líquido inflamable de tal forma que se pueda generar una atmósfera de gas explosiva.
- **Fuente de escape de polvo:** es un punto o localización por donde el polvo puede escapar y levantarse, por lo que se puede formar una mezcla explosiva de polvo/aire. Dependiendo de las circunstancias, no toda fuente de escape producirá necesariamente una mezcla explosiva polvo/aire. Pero tiene que tenerse en cuenta, ya que una fuente difusa o pequeña con el tiempo es capaz de producir una capa de polvo potencialmente peligrosa.
- **Funcionamiento normal:** es la situación que se produce cuando el equipo de proceso opera dentro de los parámetros de diseño.
- **Gas o vapor inflamables:** es un gas o vapor que mezclado con el aire en ciertas proporciones, formará una atmósfera de gas explosiva.
- **Grados de escape:** las fuentes de escape pueden dar lugar a un grado de escape o a la combinación de varios grados de escape. Se definen los grados de escape en función de la duración y frecuencia del escape.
- **Grado de protección de las envolventes (IP):** clasificación numérica precedida por el símbolo "IP" aplicada a las envolventes de los aparatos eléctricos y no eléctricos para mejorar la protección contra contactos con partes móviles, entrada de cuerpos extraños y entrada pernicioso de agua o líquidos.

- **K_G :** Constante característica del gas, producto de la velocidad máxima de aumento de presión y la raíz cúbica del volumen del recinto.
- **K_{max} :** denominación actual de la K_{st} máxima medida experimentalmente en un intervalo amplio de concentraciones.
- **K_{st} :** constante característica de cada tipo de polvo combustible, producto de la velocidad máxima de aumento de presión y la raíz cúbica del volumen del recinto, que se emplea para establecer una clasificación de la explosividad del polvo en cuatro categorías o “clases de explosión” diferentes.
- **Límite Inferior de Explosividad (LIE):** es el límite inferior del intervalo de concentraciones de la sustancia en el aire, para el que la mezcla es explosiva.
- **Límite Superior de Explosividad (LSE):** es el límite superior del intervalo de concentraciones de la sustancia en el aire, para el que la mezcla es explosiva.
- **Líquido inflamable:** es un líquido capaz de producir un vapor inflamable en todas las condiciones de operación previsibles.
- **Líquido sobrecalentado:** líquido que se encuentra a presión en un recipiente a una temperatura bastante superior a su temperatura normal de ebullición.
- **Modos de protección:** serie de reglas constructivas de los materiales y equipos eléctricos o no eléctricos de forma tal que puedan ser aptos para su empleo, con seguridad, en una atmósfera explosiva.

- **Niebla inflamable:** son gotas pequeñas de líquido inflamable dispersas en el aire de forma que originen una atmósfera explosiva.
- **Polvo:** pequeñas partículas sólidas que en la atmósfera se depositan bajo su propio peso, pero que pueden permanecer suspendidas en el aire durante algún tiempo.
- **Polvo combustible:** es polvo que puede arder o deflagrar en el aire y formar mezclas explosivas con el aire a presión atmosférica y temperatura normal.
- **Polvo conductor:** polvo cuya resistividad eléctrica es igual o menor de $10^3 \mu\text{m}$.
- **Presión máxima de explosión ($P_{\text{máx}}$):** máxima sobrepresión obtenida en un recipiente cerrado durante la explosión de una atmósfera explosiva en condiciones de ensayo determinadas.
- **Punto de inflamabilidad o de destello (PD):** es la temperatura más baja del líquido a la que, bajo ciertas condiciones normalizadas, el líquido desprende vapores en cantidad tal que puede originar la formación de una mezcla de vapor/aire inflamable. Es por tanto un parámetro sólo aplicable a sustancias combustibles que en condiciones atmosféricas son líquidos.
- **Punto de ebullición:** es la temperatura de un líquido hirviendo a una presión ambiente de 101,3 kPa (1013 mbar).
- **Sustancia inflamable:** es toda sustancia que es auto inflamable o es capaz de producir un gas, vapor, niebla o polvo inflamable.

- **Tasa de escape:** es la cantidad de sustancia inflamable que se emite por unidad de tiempo desde una fuente de escape. Se aplica a gases y vapores.
- **Temperatura de ignición de una atmósfera de gas explosiva:** es la t^a más baja de una superficie caliente a la cual, bajo condiciones de ensayo especificadas, se produce la ignición de una sustancia inflamable en forma de un gas o vapor mezclado con el aire.
- **Temperatura máxima de servicio:** es la temperatura máxima alcanzada cuando un equipo o sistema de protección está funcionando en las condiciones de operación normal.
- **Temperatura máxima superficial:** es la temperatura máxima alcanzada en servicio, bajo las condiciones más adversas de operación (pero dentro de la tolerancia reconocida), por cualquier parte de la superficie del equipo, sistemas de protección o componentes, que pueden producir la ignición de la atmósfera explosiva circundante, o donde pueda formarse una capa de polvo, teniendo en cuenta su tamaño y posibilidad de convertirse en fuente de ignición.
- **Temperatura mínima de ignición en capa (TMLc):** es la menor temperatura a la que se inicia el proceso de ignición de una muestra de polvo depositada sobre una superficie caliente.
- **Temperatura mínima de inflamación en nube (TMLn) (Polvos):** temperatura mínima a la que se produce la inflamación de una nube de polvo dispersada bajo condiciones de ensayo.

- **Temperatura mínima de inflamación (TMI) (Gases):** temperatura mínima, en función de la concentración, a la que se inicia el proceso de inflamación. También se denomina Temperatura de Ignición.
- **Tensión de vapor:** presión existente cuando un sólido o líquido está en equilibrio con su propio vapor. Es función de la sustancia y la t^a .
- **Velocidad máxima de aumento de presión $((dP/dt)_{máx})$:** valor máximo del incremento de presión por unidad de tiempo, obtenido en un recipiente cerrado durante las explosiones de todas las atmósferas explosivas en el rango de explosividad de la sustancia combustible, en condiciones de ensayo determinadas.
- **Ventilación:** es el movimiento del aire y su renovación por aire fresco originado por el viento, por el gradiente de temperatura o por medios artificiales (ventiladores o extractores).
- **Zona no clasificada:** área en la que el gas inflamable o polvo combustible no debe estar presente en una cantidad suficiente que permita la formación de mezclas explosivas significativas ni capas de polvo combustibles.
- **Zonas:** los emplazamientos peligrosos se clasifican en zonas basándose en la frecuencia de aparición y en la duración de la presencia de una atmósfera explosiva.

2.- ALCANCE.

2.1.- Empresa.

En este punto se reflejarán datos relativos a la empresa titular de las instalaciones como por ejemplo:

- Razón Social.
- Dirección y Ubicación
- C.I.F.
- Actividad.
- Responsable de Prevención
- Etc...

2.1.1.- Características de las instalaciones.

Toda la información y descripciones disponibles acerca de:

- a. Superficies.
- b. Detalles constructivos
- c. Detalles productivos
- d. Listado de máquinas y equipos
- e. Instalaciones auxiliares

f. Medios contra incendios

Toda esta información puede hallarse descrita en diferentes documentos propiedad de la empresa como el proyecto de actividad, planes de emergencia, manual de calidad, así como en otros proyectos y documentos internos.

Podrá hacerse referencia a los mismos cuando sea necesario, por lo que no es necesario reflejarlos de nuevo dentro de este documento.

2.2.- Actividad.

En este punto describiremos la actividad principal de la empresa, áreas de mercado que cubre, centros productivos, tipos de producto que abarca, procesos que realiza como diseño, fabricación, transformado, montaje de instalaciones, venta de productos, etc...

El proceso de trabajo, objeto del presente documento, es una línea de montaje, pintado y verificación de funcionamiento, para el ensamblado de equipos de manufactura, cuyos puestos se describen a continuación:

PUESTO	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Montaje Bastidor	Montaje del sistema de producción con sus motores , columnas y grupos hidráulicos, realización del test de comprobación y ensamblado del conjunto con el bastidor auxiliar trasero. A continuación, se colocan las vigas raíl, el polipasto de servicio y se cablea el armario eléctrico de control.
2	Montaje del Núcleo Central	Se coloca el núcleo del equipo dentro de la carcasa inferior y se monta el transformador de potencia y los subconjuntos principales. El proceso continúa con el montaje y alineado del generador y la conexión eléctrica de todos los componentes al armario de control. Una vez realizada la conexión, se somete al equipo a una completa verificación final, simulando su funcionamiento normal.
3	Montaje de la envolvente	Si se supera con éxito la verificación final anterior, se procede a montar la envolvente superior, y el equipo se encuentra listo para ser trasladado a almacén.

Todo lo anterior, puede complementarse con fotografías, planos, diagramas, etc..., que puedan aportar mayor información a la descripción del proceso.

2.3.- Productos y sustancias implicadas en el proceso.

A continuación, se describen una serie de sustancias y productos que intervienen en el proceso de fabricación y mantenimiento de las instalaciones, tales que puedan afectar a la evaluación de riesgo de explosión

DESCRIPCION COMERCIAL	Presentación	USO	Observaciones de la ficha	CARACTERÍSTICAS T° (°C) inflamación
ZINC Galvanizado, pintura líquida anticorrosivo ZINCO 9080	Spray	Pintura	Extremadamente inflamable, manténgase alejado de cualquier foco de ignición. No exponer a temperaturas superiores a 50°C. No vaporizar cerca del fuego. Usar en lugares bien ventilados Su descomposición puede producir monóxido de carbono. H224	T° (°C) inflamación T ^a (°C) autoignición Lim. Explo. Inferior (g/m3) Presión vapor (mmHg 20°C) Lim. Explo. Inferior (vol%) Lim. Explo. sup (vol%)
Loctite	Líquido	Pegamento	Producto no inflamable.	T° (°C) inflamación >100°C
Pintura RAL Spray	Líquido en aerosol	Pintura	Extremadamente inflamable, manténgase alejado de cualquier foco de ignición. No exponer a temperaturas superiores a 50°C. No vaporizar cerca del fuego. Usar en lugares bien ventilados Su descomposición puede producir monóxido de carbono. H224	T° (°C) inflamación <21°C T ^a (°C) autoignición 77-136 Lim. Expo. Inferior (g/m3) Presión vapor (bar) 2,5 Lim. Explo. Inferior (vol%) Lim. Explo. sup (vol%)
Loctite 326	Líquido	Pegamento	Producto no inflamable.	T° (°C) inflamación >93°C
Loctite 495	Líquido	Pegamento	Producto no inflamable.	T° (°C) inflamación 80-93°C

Qvivarux PK Azul	Liquido	Pintura pelable	Producto inflamable. H226	T° (°C) inflamación = 24°C Tª (°C) autoignición Lim. Expo. Inferior (g/m3) Presión vapor (bar) Lim. Expo. Inferior (vol%) Lim. Exlpo. sup (vol%)
Bruguer Laca Mix Base 61	Liquido	Pintado	H226. Inflamable. Los vapores son más pesados que el aire y pueden formar mezclas explosivas por el suelo El personal debe usar ropa y calzado antiestático Mantener alejado de calor chispas, o llamas.	T° (°C) inflamación = 40°C Tª (°C) autoignición Lim. Expo. Inferior (vol%) 1,4 Lim. Exlpo. sup (vol%) 10,4 Densidad 5.11
Loctite 7649	Liquido	Pegamento	H224. Producto extremadamente inflamable. Proporcionar ventilación y extracción de aire suficiente. Uso solo en zonas bien ventiladas. Alejar de fuentes de ignición. No fumar.	T° (°C) inflamación = -18°C Tª (°C) autoignición Presion vapor (mbar) 230 Lim. Expo. Inferior (vol%) 2,5 Lim. Exlpo. sup (vol%) 13 Densidad 0.8
Elite 2000, Masilla de carroceria	Pasta	Masa de trabajo	H228. Inflamable. Los vapores son más pesados que el aire y pueden desplazarse por el suelo a distancias considerables. Los vapores pueden formar con el aire mezclas que al alcanzar fuentes de ignición lejanas pueden inflamarse o explosionar. Solo puede ser usado en zonas libres de puntos de ignición y alejado de fuentes de calor o eléctricas. No fumar. El equipo eléctrico debe estar protegido de forma adecuada. No usar herramientas que puedan producir chispas. Usar equipos protegidos contra explosión. Apagar móviles.	T° (°C) inflamación = 31°C Tª (°C) autoignición Presión vapor (mmHg a 20°C) 4.5 Lim. Expo. Inferior (vol%) Lim. Exlpo. sup (vol%) Densidad 3,59
Loctite 767	Liquido	Pegamento	Producto no inflamable.	T° (°C) inflamación >100°C

Spray color brillante negro	aerosol	Pintado	H224. Extremadamente inflamable. Alejar de focos de ignición. No fumar	T° (°C) inflamación <21°C Tª (°C) autoignición 77-136 Lim. Expo. Inferior (g/m3) Presión vapor (bar) 2,5 Lim. Explo. Inferior (vol%) Lim. Exlpo. sup (vol%)
Bruguer Dux Mix, esmalte sintético brillante	Líquido	Pintado	H226. Inflamable. Los vapores son más pesados que el aire y pueden desplazarse por el suelo a distancias considerables. Los vapores pueden formar con el aire mezclas que al alcanzar fuentes de ignición lejanas pueden inflamarse o explosionar. Solo puede ser usado en zonas libres de puntos de ignición y alejado de fuentes de calor o eléctricas. No fumar. El equipo eléctrico debe estar protegido de forma adecuada. No usar herramientas que puedan producir chispas. Usar equipos protegidos contra explosión. Apagar móviles.	T° (°C) inflamación Lim. Expo. Inferior (g/m3) 0.7 Presión vapor (bar) Lim. Explo. Inferior (vol%) 10
Grasa Spray 15203	Aerosol		H224 y H225 extremadamente inflamable. Manténgase alejado de cualquier foco de ignición. No fumar	T° (°C) inflamación -87°C Tª (°C) autoignición 377 Lim. Expo. Inferior (g/m3) Presión vapor (bar) Lim. Explo. Inferior (vol%) Lim. Exlpo. sup (vol%)

Además de estos productos, almacenados en un pequeño almacén legalizado, nos encontramos también con los siguientes productos/sustancias:

DESCRIPCION COMERCIAL	Indicación de Peligro	Masa molecular	Densidad	T° (°C) inflamación	T ^a (°C) autoignición	Presión vapor (mmHg 20°C)	Lim. Expo. Inferior (vol%)	Lim. Expo. sup (vol%)
GAS NATURAL	H220	16 Kg/Kmol	0,56		590-650 T1		3,5	17
hidrogeno	H220	2	0,07	4% a 75% de volumen en aire	560		4	75

3.- MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN Y EVALUACIÓN.

3.1.- Sustancias inflamables.

Para una determinar si en un local puede formarse una atmósfera explosiva, deberemos de analizar las sustancias y preparados que se manipulan, utilizan o tratan. Si estas sustancias pueden emitir gases a la atmósfera inflamables, entonces estaremos en el campo de aplicación de la normativa y deberemos entre otras cosas, realizar la *clasificación de zonas*.

Para determinar si una sustancias o preparado es inflamable o no, podemos utilizar las definiciones incluidas en el RD 363/1995, como la temperatura más baja del líquido a la que, bajo ciertas condiciones normalizadas, el líquido desprende vapores en cantidad tal que puede originar la formación de una mezcla de vapor/aire inflamable. Las clasifica de la siguiente manera:

- Extremadamente inflamables Sustancias y preparados líquidos cuyo punto de inflamación sea inferior a 0 °C y su punto de ebullición (o en el intervalo de ebullición, la temperatura inicial de ebullición) sea inferior o igual a 35 °C. y sustancias y preparados gaseosos que sean inflamables en contacto con el aire a temperatura y presión normales.

- Fácilmente inflamables Sustancias y preparados líquidos cuyo punto de inflamación sea inferior a 21 °C, pero que no sean extremadamente inflamables se les asignará la indicación de peligro «fácilmente inflamable» (H225),
- Inflamables Sustancias y preparados líquidos cuyo punto de inflamación sea igual o superior a 21 °C, e inferior o igual a 55 °C.

Por lo tanto, y en este Real Decreto, las sustancias con punto de inflamación superior a 55°C, no son consideradas inflamables, sino que las considera combustibles.

Sin embargo en algunos procesos industriales, diversas sustancias no consideradas inflamables desprenden gases a la atmósfera debida al calentamiento de dicha sustancia por encima de su punto de inflamación por el propio proceso industrial.

Otra clasificación existente sobre sustancias inflamables es la que realiza el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos, el cual, en la APQ 01 art. 4 indica lo siguiente:

- a) Clase A.- Productos licuados cuya presión absoluta de vapor a 15°C, sea superior a 1 bar.
- b) Clase B.- Productos cuyo punto de inflamación es inferior a 55°C, y no están comprendidos en la Clase A.
- c) Clase C.- Productos cuyo punto de inflamación está comprendido entre 55°C y 100°C.

- d) Clase D.- Productos cuyo punto de inflamación es superior a 100°C.

3.1.1.- Polvos con riesgo de explosión.

En la mayoría de los casos, una capa de polvo contiene suficiente polvo como para crear mezclas explosivas de polvo/aire. Todos los lugares en las que se forman capas de polvo con espesor suficiente y en las que, debido a operaciones del proceso, se pueden remover para constituir mezclas explosivas de polvo/aire, el lugar debe clasificarse.

Se debería tener en cuenta el hecho de que con el tiempo, es igualmente posible la formación de capas de polvo peligrosas a partir de nubes de polvo muy diluidas.

El lugar se clasificará como seguro, únicamente si la capa se elimina por medio de limpieza antes de que se puedan formar mezclas peligrosas de polvo/aire, y además, se debe planificar de forma correcta para que el proceso de limpieza sea adecuado y permita la eliminación de todas las posibles capas de polvo.

3.2.- Clasificación de zonas.

El RD 681/2003 en su artículo 7, señala:

- 1.- *El empresario deberá clasificar en zonas, con arreglo al anexo 1, las áreas en las que puedan 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.”*

En el anexo I, artículo 1, nos indica:

“Se consideran áreas de riesgo, aquellas 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, aquellas en las que no cabe esperar la formación de atmósferas explosivas en cantidades tales que resulte necesaria la adopción de precauciones especiales.....

“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. 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”.

La definición de zonas también aparece en el anexo I:

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.

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.

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.

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.

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.

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.

La clasificación en zonas se basa en la probabilidad de frecuencia y duración de un escape. El grado de escape de igual modo también, se basa en estos parámetros, por lo que es lógico pensar que la clasificación en zonas depende fundamentalmente del grado de escape de la fuente.

El grado de escape puede ser continuo, primario o secundario, siguiendo las definiciones de la norma UNE-EN 60079-10:

- **Grado de escape continuo:** es un escape que se produce de forma continua o presumiblemente durante largos periodos.
- **Grado de escape primario:** es un escape que se produce presumiblemente de forma periódica u ocasionalmente durante el funcionamiento normal.

- **Grado de escape secundario:** es un escape que no se prevé en funcionamiento normal, y si se produce, es probable que ocurra infrecuentemente y en períodos de corta duración

Las metodologías que se utilizarán para la clasificación de zonas, están descritas en la norma UNE-EN-60079-10, y son básicamente:

- Determinación de la zona por grado de escape y ventilación
- Determinación de la zona utilizando cálculo
- Determinación de la zona por aberturas.

Nosotros, de acuerdo con los datos facilitados por la empresa y con la actividad realizada (recordar que se trata de un ejemplo), determinaremos que el método más adecuado de los tres anteriores para la clasificación de zonas en esta instalación, es el de determinación de las áreas por grado de escape y ventilación, en base a:

1º) Se trata de valorar y determinar o no la existencia de riesgo y asignarle unas medidas correctivas, no se busca cuantificar el volumen determinado de un escape.

2º) No se cuenta con datos suficientes en muchos puntos de la instalación para poder valorar grados de escape (ya que se trata de un ejemplo)

En este estudio se aplica la valoración por grado de escape y ventilación

3.2.1.- Grado de escape.

Existen tres grados básicos de escape, siguiendo las definiciones de la norma UNE-EN 60079-10:

Grado de escape continuo: *es un escape que se produce de forma continua o presumiblemente durante largos periodos.*

Grado de escape primario: *es un escape que se produce presumiblemente de forma periódica u ocasionalmente durante el funcionamiento normal.*

Grado de escape secundario: *es un escape que no se prevé en funcionamiento normal y si se produce es probable que ocurra infrecuentemente y en períodos de corta duración.*

Por tanto, conociendo el grado de escape de la fuente se podrá determinar la clasificación de una zona ya que la clasificación de los grados de escape, al igual que la de las zonas, se basa en la probabilidad de la frecuencia y la duración del escape.

Para determinar si el grado de escape es continuo, primario ó secundario el criterio técnico preventivo aceptado en distintas normas y que aparece en la NTP-370:

Fuente de grado continuo es aquel en el que el escape se produce durante más de un 10% del tiempo de proceso, o durante más de 1000 horas al año.

Fuente de grado primario entre un 0,1 y 10% del tiempo de proceso, o entre 10 y 1000 horas al año.

Fuente de grado secundario menos del 0,1 % del tiempo de proceso, o entre 0,1 horas y 10 horas

No se clasifica como fuente de escape si la fuga es menor a 0,1 horas en un año.

Grado de escape	Duración del escape	Clasificación de la zona
Continuo	Mas de 1000h/año $P > 10^{-1}$	Zona 0
Primario	De 10 a 1000h/año $10^{-1} > P > 10^{-3}$	Zona 1
Secundario	Menos de 10h/año $10^{-5} > P > 10^{-3}$	Zona 2
Ausencia de escape	Menos de 0,1h/año $P > 10^{-5}$	Zona segura

En caso de que en el emplazamiento existan varias fuentes de escape, lo clasificaremos con la clasificación más restrictiva.

3.2.2.- Ventilación.

Cuando se trata de gases, el grado de escape de la fuente no es el único factor a tener en cuenta en la clasificación del

emplazamiento, sino que tendremos que considerar la influencia de la ventilación en el entorno de la fuente de escape.

La ventilación se clasifica en función de su tipo, grado y disponibilidad según los siguientes criterios:

1. Tipo de ventilación

Ventilación natural, debida al movimiento del aire y/o a gradientes de temperatura.

Ventilación artificial, debida a medios mecánicos como pueden ser ventiladores. Esta ventilación a su vez puede ser general o local.

2. Disponibilidad de ventilación: relación entre en tiempo que actúa la ventilación y el tiempo de operación del proceso. Se consideran tres disponibilidades

D(+), muy buena: la ventilación existe de forma permanente, por ejemplo emplazamientos exteriores elevados y a 4 vientos. Si es artificial debe valorarse la fiabilidad del equipo. En caso de avería, que exista arranque automático de ventiladores de reserva. En caso de fallo de energía que exista un generador de reserva. También se mantiene la D(+) si en caso de interrupción de la ventilación se produce la parada automática del proceso.

D, buena: se espera que exista durante el funcionamiento normal. Las interrupciones son poco frecuentes y por períodos cortos. En emplazamientos al exterior a nivel de suelo sin obstáculos que formen recintos protegidos del viento. Se espera

que la velocidad del viento sea igual o superior a 0,5 m/s de forma casi permanente.

D(-), mediocre, cuando no pueda ser clasificada en las condiciones anteriores, aunque no se espera que haya interrupciones prolongadas.

3. Grado de ventilación. Nos indica si la ventilación existente es suficiente para prevenir la formación de una atmósfera explosiva y/o su permanencia en el ambiente

Ventilación alta (fuerte): *es capaz de reducir de forma prácticamente instantánea la concentración en la fuente de escape obteniéndose una concentración inferior al LIE. Resulta así, una zona de pequeña extensión (casi despreciable) cuando se produce el escape y no hay persistencia de atmósfera explosiva al cesar dicho escape.*

Ventilación media: *es capaz de controlar la dispersión, manteniendo una situación estable, donde la concentración más allá de una zona confinada es inferior al LIE, mientras el escape se está produciendo y cuando éste cesa, la atmósfera explosiva no persiste excesivamente.*

Ventilación baja (débil): *es la que no puede controlar la concentración mientras el escape está efectivo y/o cuando éste ha cesado es incapaz de evitar la permanencia de una atmósfera explosiva excesiva.*

La influencia de la ventilación en la clasificación de las zonas se resume en el siguiente cuadro (tabla B.1 del anexo 1 de la norma UNE-EN 60079-10):

Grado de escape	Ventilación						
	Grado						
	Alto			Medio			Bajo
	Disponibilidad						
	Muy Buena	Buena	Mediocre	Muy Buena	Buena	Mediocre	Muy Buena, Buena o Mediocre
Continuo	Zona 0 ED, no peligrosa ¹	Zona 0 ED, Zona 2 ¹	Zona 0 ED, Zona 1 ¹	Zona 0	Zona 0 + Zona 2	Zona 0 + Zona 1	Zona 0
Primario	Zona 1 ED, no peligrosa ¹	Zona 1 ED, Zona 2 ¹	Zona 1 ED, Zona 2 ¹	Zona 1	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 o Zona 0 ³
Secundario ²	Zona 2 ED, no peligrosa ¹	Zona 2 ED, no peligrosa ¹	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 1 e igual Zona 0 ³

¹ Zona 0 ED, 1ED, 2ED, indica una zona teórica despreciable en condiciones normales

² La zona 2 creada por un escape de grado secundario puede ser excedida por las zonas correspondientes a los escapes de grado continuo o primario, en este caso se tomará la de mayor extensión

³ Será zona 0 si la ventilación es tan débil y es el escape es tal que prácticamente la atmósfera explosiva está presente de manera permanente, es decir, es una situación próxima a la ausencia de ventilación

+ significa "rodeada por".

3.3.- Determinación del área.

Para la determinación de la distancia que determinará el radio de la forma que rodeara cada uno de los puntos identificados como fuentes de escape, se ha utilizado el procedimiento detallado en la UNE 202007:2006 IN, en la que se indican las formas de cálculo en función de los diferentes parámetros que pueden determinar G (tasa de escape) y dz (distancia peligrosa).

$$G = \varphi \cdot c \cdot a \cdot \sqrt{\gamma \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^\beta} \cdot \frac{P}{\sqrt{R \frac{T}{M}}}$$

$$d_z = 16,5 \cdot \sqrt{(P \cdot 10^{-5})} \cdot M^{-0,4} \cdot \left(\frac{100}{LIE} \right) \cdot \sqrt{a} \cdot 1,5$$

3.4.- Evaluación de zonas.

El artículo 4 del Real Decreto 681/2003 indica:

“ 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 1ª del capítulo 11 del Reglamento de los Servicios de Prevención, el empresario evaluará los riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas, teniendo en cuenta, al menos:

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

Los riesgos de explosión se evaluarán globalmente”.

“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.”

Por tanto, se hace necesario la evaluación de los riesgos de explosión.

3.4.1.- Focos de ignición.

Para que se produzca una explosión no sólo es necesario la presencia de una atmósfera explosiva sino que también necesitamos la activación de un foco de ignición que suministre la energía de activación necesaria para que se produzca la explosión.

Los focos de ignición que se consideran que pueden dar lugar a una explosión son (relación no exhaustiva incluida en las UNE):

Material eléctrico. *La energía eléctrica es capaz de suministrar la energía de activación necesaria para que se produzca una explosión. Por tanto, la instalación eléctrica en áreas clasificadas debe impedir que suministre esa energía. En este apartado se tendrá en cuenta tanto la instalación eléctrica, como los aparatos eléctricos.*

Superficies calientes. *En muchos procesos se tienen superficies a una alta temperatura debida al propio a la transformación en energía calorífica de otras formas de energía (mecánica, eléctrica...). Si una atmósfera explosiva entra en contacto con una superficie caliente, se puede producir la ignición.*

Llamas y gases calientes (incluyendo partículas). *Las llamas están asociadas a las reacciones de combustión a temperaturas superiores a 1000°C. Como productos de la reacción se obtienen gases calientes y, en el caso de llamas de partículas sólidas y/o llamas conteniendo hollín, se producen también partículas incandescentes. La cantidad de energía que se libera cuando se*

enciende una llama, un producto caliente de reacción y los gases a alta temperatura es más que suficiente para suministrar la energía de activación necesaria y activar así una ignición. La soldadura y oxicorte, genera chispas de superficie muy grande, siendo muy peligrosas como fuentes de ignición.

Corrientes eléctricas parásitas o protección contra corrosión catódica. *Las corrientes parásitas pueden circular en sistemas eléctricamente conductores o por partes de dichos sistemas:*

Electricidad estática *(incluyendo la ropa de trabajadores). La electricidad estática se origina por intercambios de carga eléctrica que tienen lugar cuando se produce una fricción entre dos sustancias de distinta naturaleza. En condiciones determinadas, se pueden producir descargas de electricidad estática capaces de dar lugar a inflamaciones.*

La descarga de partes conductoras aisladas y cargadas, puede conducir fácilmente a chispas capaces de producir la ignición. Con partes cargadas de material no conductor, lo que incluye la mayoría de las materias plásticas, así como algunos otros materiales, se pueden producir descargas en penacho y, en casos particulares, en procesos de separación rápida (por ejemplo, películas en movimiento sobre rodillos, correas de transmisión o por combinación de materiales conductores o no conductores), también es posible que se produzcan descargas en haces deslizantes. También se pueden producir descargas en los conos de vertido de materiales a granel y descargas en nube.

Rayos. *el rayo que es la descarga eléctrica que se produce entre una nube y la superficie terrestre si descarga en una atmósfera explosiva, la ignición se producirá siempre. Además, también existe*

la posibilidad de ignición debido a la alta temperatura que alcanzan los elementos que conducen el rayo. Corrientes importantes fluyen desde el lugar en el que descarga el rayo y estas corrientes pueden producir chispas en la proximidad del punto de impacto.

Ondas electromagnéticas de radiofrecuencia (RF), de 10^4 a 3×10^{12} Hz-. Todos los sistemas que se producen y utilizan energías eléctricas de alta frecuencia (sistema de radio frecuencia) emiten ondas electromagnéticas, por ejemplo, los emisores de radio RF médicos o industriales para calentamiento, secado, endurecimiento, soldeo, oxicorte, etc.

Radiación ionizante. La radiación ionizante producida, por ejemplo, a partir de tubos de rayos X y de sustancias radioactivas, puede producir la ignición de atmósferas explosivas (especialmente las atmósferas explosivas que contengan partículas de polvo), debido a la absorción de energía. Además la propia fuente radioactiva puede calentar el medio debido a la absorción interna de la energía de radiación hasta un nivel tal que se sobrepase la temperatura de ignición mínima de la atmósfera explosiva del entorno.

Ultrasonidos. Cuando se utilizan ondas de ultrasonidos, una gran cantidad de la energía emitida por el emisor electroacústico se absorbe por sustancias sólidos o líquidas. Como resultado, la sustancia expuesta a los ultrasonidos se calienta de tal manera que, en situaciones extremas, se puede producir la ignición.

Compresión adiabática y ondas de choque. En el caso de la compresión adiabática o casi adiabática y, en el caso de ondas de choque, se pueden alcanzar temperaturas lo suficientemente elevadas para que se pueda producir la ignición de atmósferas

explosivas. La elevación de temperatura depende principalmente de la relación de presiones y no de la diferencia de presión.

Reacciones exotérmicas, incluyendo la autoignición de polvos. Las reacciones exotérmicas pueden actuar como una fuente de ignición cuando la velocidad de desprendimiento de calor es superior a la velocidad de evacuación de calor hacia el exterior. Muchas reacciones químicas son exotérmicas. El que una reacción pueda alcanzar temperaturas elevadas, depende, entre otros parámetros, de la relación volumen/superficie del sistema reactivo, de la temperatura ambiente y del tiempo de permanencia. Estas temperaturas elevadas pueden entrañar la ignición de atmósferas explosivas y también la iniciación de un fuego latente y/o de una combustión.

Chispas de origen mecánico. Como resultado de operaciones de fricción, de choque y de abrasión, se pueden desprender partículas de los materiales sólidos y calentarse debido a la energía disipada en el proceso de separación. Si estas partículas se componen de sustancias oxidables, por ejemplo, el hierro o el acero, pueden sufrir un proceso de oxidación y alcanzar así temperaturas más elevadas. Estas partículas (chispas), pueden producir la ignición de gases y vapores combustibles y algunas mezclas polvo/aire (especialmente las mezclas polvo metálico/aire). En polvo depositado, las chispas pueden iniciar un fuego latente y éste puede ser la fuente de ignición de una atmósfera explosiva.

Por tanto, en las zonas clasificadas habrá que hacer un listado de todas las potenciales fuentes de ignición incluyendo los equipos situados en emplazamientos que no presenten riesgos y que sean

necesarios o contribuyan al funcionamiento en condiciones seguras de los equipos situados en dichas zonas clasificadas.

Clasificando la presencia de focos de ignición en los siguientes tipos de probabilidad:

- a. Probabilidad alta: las condiciones existentes en el lugar donde se encuentra la atmósfera explosiva no son adecuadas y se dan con una frecuencia tal que la activación de un foco de ignición puede esperarse al menos una vez al mes.
- b. Probabilidad media: las condiciones existentes en el lugar donde se encuentra la atmósfera explosiva no son adecuadas y se dan con una frecuencia tal que la activación de un foco de ignición puede esperarse en un intervalo de un mes a 1 año.
- c. Probabilidad baja: las condiciones existentes en el lugar donde se encuentra la atmósfera explosiva no son adecuadas y se dan con una frecuencia tal que la activación de un foco de ignición no se espera en menos de 1 año.

La clasificación por probabilidad de cada foco de ignición presente en una atmósfera explosiva, será a juicio del técnico, teniendo en cuenta el tipo de proceso, la frecuencia de operaciones, mantenimiento, características de dicho foco, etc.

En el caso que distintos focos de ignición den lugar a diferentes probabilidades de presencia, la probabilidad total de los focos de ignición será la más restrictiva.

En el caso de tener varios focos de ignición de igual probabilidad de presencia podrá aumentarse la probabilidad de presencia global a criterio del técnico.

3.4.2.- Consecuencias previsibles.

Para calcular qué consecuencias tendría una hipotética explosión sobre trabajadores, terceras personas y propiedades, se ha utilizado la clasificación dada por UCSIP (Unión des Chambres Syndicales de l'Industrie du Pétrole) sobre la gravedad de los efectos previsibles y que se relaciona a continuación:

GRAVEDAD DE LOS EFECTOS
<p>Moderada</p> <p><i>Terceros: No causaría impactos a terceros</i></p> <p><i>Empleados: como máximo causaría un número muy limitado de heridas leves.</i></p> <p><i>Propiedades: Como máximo ocasionaría daños internos menores</i></p>
<p>Seria</p> <p><i>Terceros: no habría heridos aunque sí alarma social</i></p> <p><i>Empleados: daría lugar a numerosos heridos de término medio</i></p> <p><i>Propiedades: daños internos elevados</i></p>
<p>Grave</p> <p><i>Terceros: posibilidad seria de causar heridos</i></p> <p><i>Empleados: heridos graves</i></p> <p><i>Propiedades: daños fuera de la fábrica</i></p>

Catastrófica

Terceros: heridos graves o muertes

Empleados: muertes

Propiedades: daños externos elevados

Si una hipotética explosión diera lugar a daños que por sus características se encontraran en dos de las anteriores definiciones, se deberá elegir como clasificación de esa explosión la de mayor proporción.

Para que se produzcan deflagración de la atmósfera explosiva se debe dar a la vez la presencia de atmósfera explosiva y la activación de fuentes de ignición.

3.4.2.1.- EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EXPLOSIÓN.

La evaluación del riesgo de explosión es imprescindible para priorizar las acciones correctoras necesarias en el lugar de trabajo, para minimizar la probabilidad de formación y duración de atmósferas de gas explosivas, la probabilidad de presencia de focos de ignición y las proporciones de los efectos previsibles y de igual forma, establecer las medidas preventivas necesarias.

Para la evaluación del riesgo de explosión se deberá tener en cuenta:

- La probabilidad de formación y la duración de atmósferas de gas explosivas (clasificación en zonas del emplazamiento)
- La probabilidad de presencia de fuentes de ignición
- La gravedad de las consecuencias

Probabilidad de explosión

<i>Probabilidad de presencia de focos de ignición</i>	<i>Clasificación de la zona</i>		
	Z0	Z1	Z2
ALTA	<i>Muy Alta</i>	<i>Alta</i>	<i>Media</i>
MEDIA	<i>Alta</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>
BAJA	<i>Media</i>	<i>Baja</i>	<i>Remota</i>

Riesgo de explosión

<i>Probabilidad de explosión</i>	<i>Gravedad de los efectos</i>			
	CATASTRÓFICA	GRAVE	SERIA	MODERADA
MUY ALTA	<i>Intolerable</i>	<i>Intolerable</i>	<i>Importante</i>	<i>Moderado</i>
ALTA	<i>Intolerable</i>	<i>Importante</i>	<i>Moderado</i>	<i>Moderado</i>
MEDIA	<i>Importante</i>	<i>Moderado</i>	<i>Moderado</i>	<i>Tolerable</i>
BAJA	<i>Moderado</i>	<i>Moderado</i>	<i>Tolerable</i>	<i>Tolerable</i>
REMOTA	<i>Moderado</i>	<i>Tolerable</i>	<i>Tolerable</i>	<i>Trivial</i>

Las definiciones de prioridad obtenidas de la tabla anterior son:

- **Intolerable:** no debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.
- **Importante:** no debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
- **Moderado:** se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, extremando las precauciones y siguiendo en todo momento las instrucciones de trabajo. Debe existir permiso de trabajo para trabajar en ellas.
- **Tolerable:** no se necesita mejorar la acción preventiva, aunque hay que trabajar con métodos seguros (seguir instrucciones de trabajo). Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
- **Trivial:** no requiere acción específica.

3.5.- Sistema de priorización.

Se establece el siguiente sistema de priorización, que la empresa debe de analizar para cada uno de los casos en función de las posibles soluciones.

Una vez determinadas las áreas y los riesgos ligadas a ellas valorados, en la tabla anterior se muestran las acciones que deberían ejecutarse, pero es necesario poder priorizar también entre diferentes riesgos de un mismo nivel, por lo que se establecerá el siguiente sistema de priorización de riesgos, para determinar el orden de ejecución:

1. **Gravedad del riesgo:** los más graves sobre los menos graves, según la tabla anterior.

RIESGO	VALORACIÓN
Intolerable	5
Importante	4
Moderado	3
Tolerable	2
Trivial	1

2. **Autonomía en la implantación de correcciones:** al pertenecer a un grupo industrial y tener dependencia de la central y del grupo para la ejecución de acciones correctivas, se priorizarán las acciones cuya ejecución no dependa del

visto bueno del grupo y pueda ser resulta por parte de esta planta sin autorizaciones externas a ella.

AUTONOMIA	VALORACIÓN
Ninguna	0
Media	2
Total	5

3. **Inversión necesaria:** de las menos costosas a las más costosas, detallando la cuantía.

INVERSIÓN	VALORACIÓN
Más de 90.000 €	1
Entre 30.000 y 90.000 €	2
Entre 3.000 y 30.000 €	3
Entre 1000 y 3000 €	4
Menos de 1000 €	5

Tiempo de ejecución de la acción correctiva: de las más rápidas a las que necesitan más tiempo de ejecución.

TIEMPO DE EJECUCION	VALORACIÓN
Paros de la instalación de más de 5 días	1
Paros de la instalación de hasta 3 días	2
Inmediato (con paro del proceso productivo menor a 1 día)	3
Tiempo no determinado que no interrumpe la fabricación	4
Inmediato (sin paro del proceso productivo)	5

Así, con estos criterios, la empresa ha de valorar el orden de ejecución y establecer los planes adecuados a la corrección de las desviaciones encontradas y a la eliminación o reducción de los riesgos existentes.

4.- CLASIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO.

4.1.- Documentación consultada.

La documentación complementaria normalmente empleada para la clasificación y evaluación de áreas en las instalaciones, abarca:

- Actas de inspección y control del almacenamiento de productos químicos
- Proyectos sobre legalización y almacenamiento de productos inflamables y tóxicos.
- Listado de productos químicos y fichas de seguridad.
- Proyectos de instalaciones de gas, caldera, etc...
- Plan de emergencia
- Planos generales de la planta
- Descripciones de procesos
- Procedimientos de trabajo
- Informes realizados de evaluación de riesgos en los equipos de trabajo de acuerdo al RD1215/97

Tanto los proyectos como en la ejecución, se deben tener en cuenta las disposiciones legales aplicables.

4.2.- Características de la instalación.

Es necesario que el técnico responsable de la elaboración del documento, realice una visita de inspección a las instalaciones, verificando la información recibida en las diferentes documentaciones y detectando posibles anomalías y deficiencias en los puestos y áreas objeto de estudio, reflejando el resultado en un informe como el que se adjunta:

	ZONA/ PUESTO/ INSTALACIÓN /EQUIPO	DESCRIPCIÓN	SUSTANCIA
1	MONTAJE BASTIDOR	<p>Situado en la nave principal, lado derecho. Compuesto por una estructura metálica fija elevada, rodeada por plataformas de trabajo con accesos mediante escaleras metálicas fijas, 2 por cada lado. Utiliza puente grúa de 15 Tn para el movimiento de las diferentes piezas y dos polipastos de 1 Tn, uno en cada lateral. En las plataformas existen bancadas para la colocación de distintas herramientas y un armario para guardar los diferentes productos utilizados (pinturas y pegamentos).</p> <p>Dispone de dos equipos portátiles de soldadura trifásica MIG MAG, "INVERTER" de 250 A y un equipo portátil trifásico de arco con electrodo, "INVERTER" ZX7-500 para punteado.</p>	<p>Diferentes pegamentos, pastas y pinturas en formato spray y líquido, cuyas fichas de seguridad deben adjuntarse al presente informe.</p> <p>Riesgo de explosión por la presencia de sustancias inflamables y focos de ignición del tipo superficies calientes, chispas eléctricas y estática. Chispas de origen mecánico por operaciones de esmerilado</p> <p>OBSERVACIONES: algunas de las fichas, pueden no contener información necesaria para los cálculos. En esos casos, hablar con el proveedor para cumplimentar los mismos.</p>

ZONA/ PUESTO/ INSTALACIÓN /EQUIPO	DESCRIPCIÓN	SUSTANCIA
2	<p>MONTAJE NUCLEO CENTRAL</p> <p>Situado en la nave principal, lado derecho. Y a continuación del puesto de montaje de bastidor. Compuesto por una estructura metálica fija elevada, rodeada por plataformas de trabajo con accesos mediante escaleras metálicas fijas, 2 por cada lado. Utiliza el mismo puente grúa de 15 Tn del puesto anterior para el movimiento de las diferentes piezas y un polipasto de 1 Tn, en lateral derecho. En las plataformas existen bancadas para la colocación de distintas herramientas y un armario para guardar los diferentes productos utilizados (pinturas y pegamentos). El cable eléctrico se almacena en bobinas de 25 m para cada una de las diferentes secciones utilizadas</p> <p>Dispone de un equipo portátil trifásico de arco con electrodo, "INVERTER" ZX7-500 para punteado y unión .</p> <p>OBSERVACIONES: Cuadros eléctricos revisados recientemente. Instalación correcta.</p>	<p>Diferentes cables eléctricos, pegamentos, pastas y pinturas en formato spray y líquido, cuyas fichas de seguridad deben adjuntarse al presente informe.</p> <p>Riesgo de explosión por la presencia de materiales y sustancias inflamables y focos de ignición como superficies calientes, chispas eléctricas, estática y chispas de origen mecánico por operaciones de esmerilado.</p> <p>OBSERVACIONES: algunas de las fichas, pueden no contener información necesaria para los cálculos. En esos casos, hablar con el proveedor para complementar los mismos.</p>

ZONA/ PUESTO/ INSTALACIÓN /EQUIPO	DESCRIPCIÓN	SUSTANCIA
3	<p>MONTAJE ENVOLVENTE</p> <p>Situado en la nave principal, lado derecho. a continuación del puesto de montaje de núcleo central. Compuesto por una estructura metálica fija elevada, rodeada por plataformas de trabajo con accesos mediante escaleras metálicas fijas, 2 por cada lado. Utiliza puente grúa de 25 Tn para el movimiento de las diferentes. En las plataformas existen bancadas para la colocación de distintas herramientas y un armario para guardar los diferentes productos utilizados (pinturas y pegamentos).</p> <p>Dispone de un equipo portátil de soldadura por puntos "AIR LIQUIDE", de distancia entre brazos de 200 mm y profundidad extensible hasta 500 mm.para unión de chapas de envolverte .</p> <p>OBSERVACIONES: Cuadros eléctricos revisados recientemente. Instalación correcta.</p>	<p>Diferentes cables eléctricos, pegamentos, carteles adhesivos, pastas y pinturas en formato spray y líquido, cuyas fichas de seguridad deben adjuntarse al presente informe.</p> <p>Riesgo de explosión por la presencia de materiales y sustancias inflamables y focos de ignición como , chispas eléctricas, estática , corrientes parásitas y chispas de origen mecánico por operaciones de esmerilado, lijado, etc...</p> <p>OBSERVACIONES: algunas de las fichas, pueden no contener información necesaria para los cálculos. En esos casos, hablar con el proveedor para cumplimentar los mismos.</p>

La información anterior, suele completarse con fotos, esquemas, planos, certificados, a los que se puede hacer referencia sin que aparezcan en el presente informe.

En función de la tomas de datos y la documentación revisada y entregada para el presente estudio, se determinarán las áreas en las que puede existir riesgo de explosión y se analizarán a continuación.

Cuando existe falta de datos cuantificables, como de emisiones, de algunas temperaturas específicas de trabajo, volúmenes de materiales inflamables durante el proceso,... se efectuarán aproximaciones o valoraciones al riesgo potencial, para poder clasificar áreas de riesgo.

4.3.- Determinación y evaluación de las áreas.

En este punto se muestran las fichas de cada una de las áreas clasificadas, indicando la existencia y valoración de focos de ignición, la determinación de la distancia peligrosa y la evaluación del riesgo, así como las medidas preventivas ligadas a cada una de ellas.

En ningún caso, tal y como indican las normas UNE, se determinarán áreas de radio inferior a 1 metro, redondeando los cálculos en cada caso, para que el radio menor en cada una de las áreas que se clasifiquen sea de 1 metro, manteniendo un radio de seguridad mínimo en los casos de zonas definidas con riesgo.

4.3.1.- PUESTO DE MONTAJE DE BASTIDOR

Ubicación	Nave principal, lado derecho frente a zona de descanso.
Descripción de la instalación	Estructura metálica elevada (2,20 m) en modo andamio, con plataformas de trabajo a cada uno de los lados de 5 x 2 m, accesos mediante escaleras fijas metálicas. Dispone de bancadas para herramienta y útiles y armario para sustancias empleadas en el proceso.
Ocupación y permanencia	Zona de trabajo y mantenimiento habitual
Reglamentaciones	No
Descripción del proceso de trabajo	Según Instrucción de trabajo IT-07-2.5.3, "MONTAJE BASTIDOR"
Ventilación	Natural sin impedimentos , cuenta con portones laterales al exterior
Fuentes de escape	Aplicaciones de pintura por pulverización y pintura líquida a pistola.
Focos de ignición	Superficies calientes, chispas eléctricas y mecánicas, estática y corrientes parásitas.
Revisiones y mantenimiento	Las necesarias reglamentariamente.
Limpieza	Puesto limpio y ordenado con alguna zona con acumulación de restos de pintura
Protección contra incendios	La reglamentaria
Protección contra explosiones	Los descritos en cada uno de los proyectos ligados a la instalación
Procedimientos	La empresa dispone de procedimientos de trabajo seguro aplicables a toda la planta
Observaciones	La zona no dispone de señalización ATEX.

CÁLCULO DE ZONA

Grado de escape	VENTILACIÓN			ZONA	ZONA	
	Tipo	Disponibilidad	Grado			
Primario	Natural	Buena	Alto	Z (m)	1	Puesto

FUENTES DE ACTIVACIÓN

FOCO	FORMA	PROBABILIDAD	TOTAL
Aparatos eléctricos			Baja
Superficies calientes	Uniones soldadas	Baja	
Llamas	Operaciones de mantenimiento	Baja	
Chispas de origen eléctrico	Operaciones de soldadura	Baja	
Estática y corrientes parásitas	Estado equipos	Baja	
Rayos			
Ondas electromagnéticas			
Radiación ionizante			
Ultrasonidos			
Compresión adiabática y ondas de choque			
Reacciones exotérmicas			
Chispas de origen mecánico	Operaciones complementarias	Baja	

PRIORIZACIÓN DE ACCIONES EN ÁREA

Prob. Explosión	CONSECUENCIAS				RIESGO
	Trabajadores	Propiedad	Terceros	TOTAL	
remota	Grave	Seria	Moderada	Grave	MODERADO

ACCIONES EN ÁREA

ACCIÓN	RESPONSABLE	FECHA	OBSERVACIONES
Mantenimiento periódico de las condiciones de la instalación (estado visual y verificación del mantenimiento de protecciones ya existentes)			
Información y formación de los trabajadores y los mandos			
Señalización de la zona (triángulo amarillo y señalización horizontal o mapas)			
Inclusión en los procedimientos de trabajo en las zonas clasificadas de las medidas mínimas de seguridad de trabajo en zonas ATEX			
Clasificación eléctrica de zonas de acuerdo al REBT MIE-29			
Procedimientar la coordinación de actividades empresariales para garantizar el mantenimiento de las medidas preventivas			
Revisión del Plan de Emergencia			

4.3.2.- PUESTO DE MONTAJE DE NÚCLEO CENTRAL

Ubicación	Nave principal, lado derecho, a continuación puesto de bastidores.
Descripción de la instalación	Estructura metálica elevada (2,20 m) en modo andamio, con plataformas de trabajo a cada uno de los lados de 5 x 2 m, accesos mediante escaleras fijas metálicas. Dispone de bancadas para herramienta y útiles y armario para sustancias empleadas en el proceso.
Ocupación y permanencia	Zona de trabajo y mantenimiento habitual
Reglamentaciones	No
Descripción del proceso de trabajo	Según Instrucción de trabajo IT-07-2.5.4, "MONTAJE NÚCLEO CENTRAL"
Ventilación	Natural sin impedimentos , cuenta con portones laterales al exterior
Fuentes de escape	Aplicaciones de pintura por pulverización y pintura líquida a pistola.
Focos de ignición	Superficies calientes, chispas eléctricas y mecánicas, estática y corrientes parásitas.
Revisiones y mantenimiento	Las necesarias reglamentariamente.
Limpieza	Puesto limpio y ordenado con alguna zona con acumulación de restos de cables y pintura
Protección contra incendios	La reglamentaria
Protección contra explosiones	Los descritos en cada uno de los proyectos ligados a la instalación
Procedimientos	La empresa dispone de procedimientos de trabajo seguro aplicables a toda la planta
Observaciones	La zona no dispone de señalización riesgo eléctrico y ATEX.

CÁLCULO DE ZONA

Grado de escape	VENTILACIÓN			ZONA	ZONA	
	Tipo	Disponibilidad	Grado			
Secundario	Natural	Buena	Alto	Z (m)	2	Puesto

FUENTES DE ACTIVACIÓN

FOCO	FORMA	PROBABILIDAD	TOTAL
Aparatos eléctricos	Cuadros	Baja	Baja
Superficies calientes	Uniones soldadas	Baja	
Llamas	Operaciones de mantenimiento	Baja	
Chispas de origen eléctrico	Operaciones de soldadura	Baja	
Estática y corrientes parásitas	Estado equipos	Baja	
Rayos			
Ondas electromagnéticas			
Radiación ionizante			
Ultrasonidos			
Compresión adiabática y ondas de choque			
Reacciones exotérmicas			
Chispas de origen mecánico	Operaciones complementarias	Baja	

PRIORIZACIÓN DE ACCIONES EN ÁREA

Prob. Explosión	CONSECUENCIAS			TOTAL	RIESGO
	Trabajadores	Propiedad	Terceros		
remota	Leve	Seria	Moderada	Grave	TOLERABLE

ACCIONES EN ÁREA

ACCIÓN	RESPONSABLE	FECHA	OBSERVACIONES
Mantenimiento periódico de las condiciones de la instalación (estado visual y verificación del mantenimiento de protecciones ya existentes)			
Información y formación de los trabajadores y los mandos			
Señalización de la zona (triángulo amarillo y señalización horizontal o mapas)			
Inclusión en los procedimientos de trabajo en las zonas clasificadas de las medidas mínimas de seguridad de trabajo en zonas ATEX			
Clasificación eléctrica de zonas de acuerdo al REBT MIE-29			
Procedimientar la coordinación de actividades empresariales para garantizar el mantenimiento de las medidas preventivas			
Revisión del Plan de Emergencia			

4.3.3.- PUESTO DE MONTAJE DE ENVOLVENTE

Ubicación	Nave principal, lado derecho, a continuación puesto de montaje núcleo.
Descripción de la instalación	Estructura metálica elevada (1,10 m) en modo andamio, con plataformas de trabajo a cada uno de los lados de 5 x 2 m, accesos mediante escaleras fijas metálicas. Dispone de bancadas para herramienta y útiles.
Ocupación y permanencia	Zona de trabajo y mantenimiento habitual
Reglamentaciones	No
Descripción del proceso de trabajo	Según Instrucción de trabajo IT-07-2.5.5, "MONTAJE ENVOLVENTE"
Ventilación	Natural sin impedimentos , cuenta con portones laterales al exterior
Fuentes de escape	Posibles aplicaciones de pintura por pulverización y pintura líquida a pistola.
Focos de ignición	Superficies calientes, chispas eléctricas y mecánicas, estática y corrientes parásitas.
Revisiones y mantenimiento	Las necesarias reglamentariamente.
Limpieza	Puesto limpio y ordenado con alguna zona con acumulación de restos de cables y pintura
Protección contra incendios	La reglamentaria
Protección contra explosiones	Los descritos en cada uno de los proyectos ligados a la instalación
Procedimientos	La empresa dispone de procedimientos de trabajo seguro aplicables a toda la planta
Observaciones	La zona no dispone de señalización ATEX.

CÁLCULO DE ZONA

Grado de escape	VENTILACIÓN			ZONA	ZONA	
	Tipo	Disponibilidad	Grado			
Secundario	Natural	Buena	Alto	Z (m)	1	Puesto

FUENTES DE ACTIVACIÓN

FOCO	FORMA	PROBABILIDAD	TOTAL
Aparatos eléctricos	Cuadros	Baja	Baja
Superficies calientes	Uniones soldadas	Baja	
Llamas	Operaciones de mantenimiento	Baja	
Chispas de origen eléctrico	Operaciones de soldadura	Baja	
Estática y corrientes parásitas	Estado equipos	Baja	
Rayos			
Ondas electromagnéticas			
Radiación ionizante			
Ultrasonidos			
Compresión adiabática y ondas de choque			
Reacciones exotérmicas			
Chispas de origen mecánico	Operaciones complementarias	Baja	

PRIORIZACIÓN DE ACCIONES EN ÁREA

Prob. Explosión	CONSECUENCIAS			TOTAL	RIESGO
	Trabajadores	Propiedad	Terceros		
remota	Leve	Moderada	Moderada	Leve	TRIVIAL

ACCIONES EN ÁREA

ACCIÓN	RESPONSABLE	FECHA	OBSERVACIONES

5.- MEDIDAS DE SEGURIDAD ADOPTADAS PARA LA PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIONES.

Supongamos que la empresa, en caso de una hipotética deflagración producida por una atmósfera explosiva, tiene establecidas algunas medidas de protección, de detección y de extinción para luchar contra los efectos de esa deflagración.

Los sistemas de Protección Contra Incendios de la empresa, cumplen los siguientes estándares:

- Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios
- ITC-MIEA-APQ-001: “Almacenamiento de Líquidos Inflamables y Combustibles”.
- Normativa UNE aplicable.

Se cuenta con un Plan de Emergencia que deberá actualizarse a los nuevos riesgos detectados.

A partir de los resultados de la evaluación de riesgos realizada en el punto anterior, así como del resto de documentos existentes en materia de clasificación de zonas con riesgo y explosión, se presentan a continuación las medidas adoptadas:

5.1.- Medidas de protección.

A continuación, supondremos una serie de medidas de protección, distinguiendo según los casos, entre las que la empresa dispone actualmente y las que el técnico responsable propone de forma adicional.

No olvidemos que se trata de un supuesto, por lo que las condiciones y circunstancias pueden variar notablemente en condiciones reales.

5.1.1.- Medidas Técnicas Preventivas.

Aquellas destinadas al control total o parcial de las fuentes de emisión y las fuentes de ignición. A continuación se describen, a modo de ejemplo, algunas de ellas:

5.1.1.1.- MEDIDAS EXISTENTES:

- a) La empresa dispone de procedimientos e instrucciones para realizar trabajos diarios, de mantenimiento, de limpieza y preventivos, en condiciones de seguridad.
- b) Se debe asegurar el correcto mantenimiento de los sistemas de ventilación y extracción, limpieza y

reparaciones, para evitar que se pudieran generar otras áreas adicionales.

5.1.1.2.- MEDIDAS ADICIONALES PROPUESTAS:

- Falta clasificación de zonas eléctricas de acuerdo al REBT MIE 29

5.1.2.- Medidas de conformidad con el R.D. 1215/1997 de utilización segura de los equipos de trabajo.

- Existe evaluación de las máquinas conforme al R.D. 1215/97, pero queda pendiente la adecuación, y los equipos ubicados en las zonas clasificadas. Una vez ejecutadas e implantadas cada una de las descritas en este documento se actualizará la evaluación de máquinas.

5.1.3.- Medidas Técnicas Constructivas.

Destinadas a proteger el entorno de las consecuencias dañinas de una explosión. A continuación se describen detalladamente alguna de ellas:

5.1.3.1.- MEDIDAS EXISTENTES:

- Plan de Emergencia

5.1.3.2.- MEDIDAS ADICIONALES PROPUESTAS:

- Actualización del Plan de Emergencia adecuado a la instalación (inclusión de riesgo de explosión)
- *Adecuación de los equipos a las áreas clasificadas (en caso de mantener las distancias actuales de algunos de los equipos a los cuadros eléctricos o tomas de corriente, deberían mejorarse éstos con elementos homologados ATEX).*

5.1.4.- Medidas Técnicas de Control de Procesos.

Destinados a avisar, a controlar parámetros de funcionamiento o a actuar sobre dispositivos de emergencia en el supuesto caso de aparecer una atmósfera explosiva o una fuente de ignición activa descontrolada. A continuación se describen detalladamente cada una de ellas:

5.1.3.1.- MEDIDAS EXISTENTES:

- La instalación eléctrica no es la adecuada, toda la instalación en las zonas clasificadas deberá corresponderse a la indicada en el anexo final de este documento

5.1.4.2.- MEDIDAS ADICIONALES PROPUESTAS:

- La instalación eléctrica, los aparatos y los sistemas de protección y sus correspondientes dispositivos de conexión se revisarán para que tengan marcado ATEX ó Ex adecuado a la zona en la que se encuentran.

ATEX 100		ATEX 137	
Nivel de Protección	Categoría	Atmósfera Explosiva	Categoría
Muy Alto	I	Persistente	0 20
Alto	II	Ocasional	1 21
Normal	III	No probable	2 22

Tabla de valores

(Tabla de valores anterior)

Según la norma EN 50014 el material eléctrico destinado para atmósferas potencialmente explosivas debe ir correctamente marcado en lugar visible con las características del mismo.

El marcado debe comprender:

- *El nombre del fabricante o marca comercial registrada.*
- *La designación de tipo dada por el fabricante.*
- *El símbolo “EEx”, que indica que el material eléctrico responde a uno o varios modos de protección específica.*
- *El símbolo de cada modo de protección utilizado:*
 - “o” : inmersión en aceite.*
 - “p” : sobrepresión interna.*
 - “q” : relleno pulvurulento.*
 - “d” : envoltente antideflagrante.*
 - “e” : seguridad aumentada.*
 - “ia” : seguridad intrínseca categoría “ia”.*
 - “ib” : seguridad intrínseca categoría “ib”.*
 - “m” : encapsulado..*

5.1.5.- Medidas Organizativas.

5.1.5.1.- MEDIDAS ADICIONALES PROPUESTAS:

- 1. No se han redactado procedimientos de trabajo donde se especifiquen las medidas organizativas y técnicas que se deben de tener en cuenta frente al posible riesgo de explosión, para asegurar que se cumple con las siguientes medidas preventivas:**

- Al realizar operaciones de mantenimiento, se deben utilizar herramientas manuales anti-chispa en todas las áreas clasificadas.
- Todos los equipos de trabajo móviles (compresores, linternas...) que se vayan a utilizar en el área clasificada deben llevar marcado frente a atmósferas explosivas (marcado Ex).
- Se debe usar calzado antiestático y ropa de trabajo antiestática (ropa de algodón o tejido antiestático) cada vez que un operario penetre en la zona clasificada.
- Los teléfonos móviles deben estar apagados al entrar en un área clasificada.
- Está prohibido generar llamas y fumar en áreas clasificadas.
- Es obligatorio llevar a cabo una inspección periódica de la instalación eléctrica cada 5 años por una OCA.
- Los equipos eléctricos móviles que se encuentren o penetren en áreas clasificadas se someterán a una inspección detallada de al menos 1 vez al año.

2. No existen Instrucciones de Servicio, en cada puesto de trabajo, relacionadas con la

prevención de explosiones. Deberá informarse a los trabajadores del procedimiento a seguir en cada puesto y zonas limítrofes, así como del riesgo de explosión y sus medidas preventivas: esta información deberá ser entregada a los trabajadores que realizan su tarea dentro o en las inmediaciones de zonas clasificadas con riesgo de incendio o explosión. Además, estas fichas deberán ser entregadas a las diferentes empresas subcontratistas que puedan realizar trabajos en las citadas zonas.

3. Procedimiento de aseguramiento de la cualificación de los trabajadores: Se debe proceder a formar e informar a los operarios de la planta, que por su actividad laboral deban acceder a las zonas con riesgo de explosión.

- **Contenido y frecuencia de la formación:** Se debe de impartir formación e información a los operarios sobre el posible riesgo de explosión, antes de su incorporación al puesto de trabajo, cuando existan cambios o modificaciones en las instalaciones y posteriormente de manera periódica para su concienciación.

4. Procedimiento de aseguramiento de entrega y utilización de EPI's en la zona clasificada: En principio, para el tránsito normal por la zona externa

no se considera necesario la entrega y el uso de ningún equipo de protección individual. Únicamente, será necesario cuando se deban realizar trabajos de limpieza, mantenimiento o reparación en algunos de los equipos de trabajo incluidos en la clasificación como zonas con riesgo de explosión. (uso de calzado o ropa antiestática)

5. Procedimiento de Permiso de trabajos especiales. La empresa dispone de procedimiento operativo para realizar trabajos con fuentes de ignición en ámbitos con atmósferas explosivas. Dicho procedimiento abarca los siguientes pasos:

- a. solicitud de la actuación.
- b. contratación del servicio.
- c. análisis de la situación.
- d. descripción de las medidas de seguridad a adoptar.
- e. autorización del trabajo.
- f. control de las condiciones de seguridad antes, durante y después de trabajo.
- g. Verificación de la situación segura previa a la reanudación de la producción normal.

En el procedimiento se adjunta modelo de impreso de autorización y para garantizar su cumplimiento debe ir firmado por la persona que autoriza la

realización del trabajo, el responsable de la ejecución del mismo en los términos pactados y la persona responsable de controlar la existencia de las medidas de seguridad exigidas.

7. Procedimiento de organización de los trabajos de mantenimiento, control y comprobación. Se aplica el mismo procedimiento de Permisos de Trabajos Especiales descrito en el punto anterior.

8. Señalización de las áreas clasificadas.



- Se deben seguir fielmente todas las instrucciones de seguridad que tenga la empresa, en particular, todas las que aparecen a lo largo de este documento.
- Llevar a cabo la coordinación de actividades empresariales de tal forma que cualquier trabajador subcontratado que trabaje en áreas clasificadas esté informado y formado de los riesgos que presentan las sustancias con las que trabajan, de las medidas preventivas

existentes, de las instrucciones de trabajo que le aplican y de la sistemática de permisos de trabajo. Que queda constancia por escrito de dicha información y formación.

- Que se informe y forme a los trabajadores de la empresa de tal forma que cualquier trabajador que trabaje en áreas clasificadas está informado y formado de los riesgos que presentan las sustancias con las que trabajan, de las medidas preventivas existentes, de las instrucciones de trabajo que le aplican y de la sistemática de permisos de trabajo. Que quede constancia por escrito de dicha información y formación.

6.- REALIZACIÓN DE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA EXPLOSIONES.

La protección contra explosiones se garantiza mediante la aplicación y desarrollo de este Documento de Protección Contra Explosiones, así como la correcta ejecución de las instalaciones según el proyecto técnico realizado por el técnico facultativo. Además determinadas instalaciones eléctricas pueden estar sujetas a la realización de revisiones periódicas oficiales cada 5 años por una O.C.A.

Se conseguirá una protección eficaz mediante un mantenimiento periódico preventivo de las instalaciones, aparatos, sistemas de control de procesos que puedan ser utilizados en diferentes aplicaciones de las zonas clasificadas. Existirá un procedimiento con hojas de campo de comprobación periódica del mantenimiento de las condiciones de seguridad de las instalaciones, dichas hojas de campo deberán archivarse e ir firmadas por la persona que realiza la revisión (*a semejanza de la revisión de los medios de extinción de incendios según R.D. 1942/1993*).

Cada vez que se realiza algún tipo de modificación en las instalaciones, sustancias utilizadas, variación de procesos o procedimientos de trabajo, se deberá actualizar el correspondiente proyecto y este Documento de Protección Contra Explosiones según proceda.

La persona responsable de la empresa encargada de controlar la aplicación correcta de estas medidas y su eficacia, así como informar y organizar a las diferentes personas implicadas es:

RESPONSABLE REALIZACIÓN MEDIDAS DE PROTECCIÓN			
Nombre y Apellidos...:			
Nº de Teléfono.....:		Nº de Fax.....:	
Dirección e-mail.....:			
Departamento			

7.- PLAN DE COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES EMPRESARIALES.

El RD 681/2003 en el artículo 6 nos define la 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”.

Además estas obligaciones han sido reforzadas con la aparición del R.D. 171 / 2004 que desarrolla el artículo 24 de la LPRL sobre “*Coordinación de actividades empresariales*”.

Por tanto, se hace necesaria la coordinación de actividades empresariales relativas a proteger la salud y la seguridad de los trabajadores subcontratados expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en cada lugar de trabajo.

“El empresario responsable del lugar de trabajo, será quien coordine con el resto de las empresas la realización de las medidas de protección contra explosiones.”

A la hora de determinar y ejecutar medidas para prevenir los riesgos mutuos será necesario tener en cuenta toda actividad realizada por personas conjuntamente o a proximidad, o en interacción a determinada distancia.

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

- Durante la fase de planificación,
- Durante la fase de ejecución, y
- Una vez terminados los trabajos.

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

Independientemente de las responsabilidades individuales de cada cual, todos los participantes deberán:

- Buscar comunicarse entre sí,
- Ponerse de acuerdo mutuamente,
- Tener en consideración el trabajo de los demás,
- Cumplir lo acordado.

La empresa debe de disponer de un procedimiento de coordinación de actividades empresariales, que desarrolle y controle estas premisas

Para realizar trabajos en áreas clasificadas se deberán seguir los procedimientos especificados en el sistema de gestión de la empresa, como “Trabajos en altura”, “Trabajos en espacios confinados” y “Trabajos en zonas con riesgo de incendio y explosión”, cumplimentando a su vez los permisos o autorizaciones de trabajo correspondientes.

ANEXO I: MEDIDAS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL ELÉCTRICO PARA ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS.

MEDIDAS DE SEGURIDAD MATERIAL ELECTRICO PARA ATMOSFERAS EXPLOSIVAS

CLASIFICACION DE ZONAS DE RIESGO EXPLOSIÓN

- **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.
- **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.
- **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.
- **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 periodo de tiempo prolongado, o con frecuencia.
- **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.
- **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 solo permanece durante un breve período de tiempo.

CONTROL DE LAS FUENTES DE IGNICIÓN

- **Zona 0 ó 20:** Se controlarán que actúan de forma segura las fuentes de ignición que estén presentes durante el funcionamiento normal, durante averías previsibles y averías raras.
- **Zona 1 ó 21:** Se controlarán que actúan de forma segura las fuentes de ignición que estén presentes durante el funcionamiento normal de las instalaciones y durante averías previsibles.
- **Zona 2 ó 22:** Se controlarán que actúan de forma segura las fuentes de ignición que estén presentes durante el funcionamiento de las instalaciones en condiciones normales sin avería.

NO OPERAR O REPARAR COMPONENTES ELECTRICOS RETIRANDO SU GRADO DE PROTECCIÓN HASTA QUE NO SE GARANTICE LA NO PRESENCIA DE UNA ATMOSFERA EXPLOSIVA

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LOS APARATOS UTILIZABLES

• El material eléctrico utilizado para cada zona deberá venir marcado con alguna de las siguientes indicaciones:

- **Zona 0:** Ex II 1 G, Ex II ia, Ex II ib.
- **Zona 1:** Ex II 1 G, Ex II 2G, Ex II ia, Ex II ib, Ex II o, Ex II q, Ex II p, Ex II d, Ex II e, Ex II m.
- **Zona 2:** Ex II 1 G, Ex II 2 G, Ex II 3 G, Ex II ia, Ex II ib, Ex II o, Ex II q, Ex II p, Ex II d, Ex II e, Ex II m,
- **Zona 20:** Ex II 1 D, IP 65, Ex II p, Ex II ia, Ex II ib.
- **Zona 21:** Ex II 1 D, Ex II 2 D, IP65, Ex II p, Ex II ia, Ex II ib.
- **Zona 22:** Ex II 1 D, Ex II 2 D, Ex II 3 D, IP65, Ex II p, Ex II ia, Ex II ib.

CATEGORÍA Y MODO DE PROTECCIÓN PARA CADA ZONA

	Presencia de atmósfera explosiva	Categoría de equipo según RD 400/96	MODOS DE PROTECCIÓN	Duración de la atmósfera explosiva CEI 31-35.
Zona 0 o 20	de modo continuo o períodos prolongados de modo frecuente	Categoría 1	ia	Más de 1.000 h. Al año.
Zona 1 o 21	de modo poco frecuente	Categoría 2	d,e,ia,ib,m,o, p,q	Entre 10 y 1000 h. Al año.
Zona 2 o 22	muy poco frecuente ó por períodos breves	Categoría 3	n	Entre 0,1 y 10 h. Al año.

**MARCADO DE LOS EQUIPOS QUE SE PUEDEN UTILIZAR EN AMBIENTES
 EXPLOSIVOS**

Conformidad con las directivas europeas Marcado CE	Nº del organismo notificado para otorgar un certificado CE	Marcado Epsilon x para un material eléctrico no eléctrico en ambientes explosivos.	Categoría de aparatos. G: Gases. D: Polvo, M1 M2 1 G o 1 D 2 G o 2 D 3 G o 3 D. I minas. II: superficie. RD 400/1996	Símbolo específico de protección contra las explosiones para un material eléctrico que corresponde a uno o varios de los modos de protección objeto de las normas Europeas. "d": antideflagante. (EN 50018) "e": Seguridad aumentada. (EN 50019) "i": Seguridad intrínseca. (EN 50020) "m": Encapsulado. (EN 50028) "n": No incendiario. (EN 50021) "o": Inmersión en aceite. (EN 50015) "p" Sobrepresión Interna. (EN 50016) "q": Llenado Polvoriento. (EN 50017)		
				MODOS DE PROTECCIÓN	GRUPOS DE MATERIAL	CLASES DE TEMPERATURA
		2341			EExd IP 65	IIC T4 T 150°C
				Grado de protección del revestimiento para una clase de temperatura dada.		Temperatura máxima de superficie limitada a la presencia de nubes de polvo.
Ambientes polvorientos.						

