



SECRETARÍA GENERAL  
DE ENERGÍA  
DIRECCIÓN GENERAL  
DE POLÍTICA ENERGÉTICA  
Y MINAS



**CONVENIO ESPECÍFICO DE COLABORACIÓN ENTRE LA  
DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA Y MINAS Y  
LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

**GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE  
PREVENCIÓN CONTRA EXPLOSIONES EN  
INSTALACIONES DE MINERÍA SUBTERRÁNEA**

**REVISIÓN 2006**

## ÍNDICE GENERAL

<b>1</b>	<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>DEFINICIONES ÚTILES</b> .....	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>ACTUACIONES PREVIAS AL DESARROLLO DEL PLAN DE PREVENCIÓN CONTRA EXPLOSIONES</b> .....	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DE EXPLOSIÓN</b> .....	<b>18</b>
6.1	DETERMINACIÓN DE LA TAREA A EVALUAR .....	20
6.2	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS .....	24
6.3	ESTIMACIÓN DEL RIESGO .....	32
6.4	VALORACIÓN DE RIESGOS .....	35
6.5	ANÁLISIS DE LAS OPCIONES DE REDUCCIÓN DEL RIESGO .....	36
<b>7</b>	<b>ELIMINACIÓN O REDUCCIÓN DE LOS RIESGOS ENCONTRADOS</b> .....	<b>38</b>
7.1	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN .....	40
7.2	SUPRESIÓN O REDUCCIÓN DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS .....	42
7.3	SISTEMAS DE PROTECCIÓN FRENTE A LA EXPLOSIÓN .....	49
<b>8</b>	<b>CLASIFICACIÓN EN CONDICIONES ATMOSFÉRICAS PELIGROSAS</b> .....	<b>51</b>
8.1	MARCADO DE LUGARES PELIGROSOS.....	53
<b>9</b>	<b>REQUISITOS PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE EQUIPOS, COMPONENTES Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN</b> .....	<b>54</b>
9.1	SUPERFICIES CALIENTES .....	57
9.2	LLAMAS Y GASES CALIENTES (INCLUYENDO PARTÍCULAS CALIENTES).....	60
9.3	CHISPAS DE ORIGEN MECÁNICO .....	61
9.4	MATERIAL ELÉCTRICO.....	64
9.5	CORRIENTES ELÉCTRICAS PARÁSITAS, PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN CATÓDICA.....	66
9.6	ELECTRICIDAD ESTÁTICA .....	67
9.7	RAYOS .....	69
9.8	ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS DE RADIOFRECUENCIA (RF), DE $10^4$ Hz A $3 \times 10^{12}$ Hz.....	69
9.9	ONDAS ELETROMAGNÉTICAS DE $3 \times 10^{11}$ Hz A $3 \times 10^{15}$ Hz.....	71
9.10	RADIACIÓN IONIZANTE .....	72
9.11	ULTRASONIDOS .....	73
9.12	COMPRESIÓN ADIABÁTICA Y ONDAS DE CHOQUE.....	73
9.13	REACCIONES EXOTÉRMICAS, INCLUYENDO LA AUTOIGNICIÓN DE POLVOS .....	75
<b>10</b>	<b>MODIFICACIÓN DE EQUIPOS</b> .....	<b>76</b>
10.1	NIVELES DE REPARACIÓN .....	77
10.2	REQUISITOS PARA EL FABRICANTE .....	82
10.3	REQUISITOS PARA EL USUARIO .....	83
10.4	REQUISITOS PARA EL TALLER DE REPARACIÓN .....	83
10.5	IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL REPARADO .....	85
10.6	REPARACIÓN Y REVISIÓN DE APARATOS ELÉCTRICOS .....	87
10.7	REPARACIÓN Y REVISIÓN DE APARATOS NO ELÉCTRICOS.....	92

<b>11</b>	<b>DOCUMENTACIÓN NECESARIA A MANTENER PARA LA UTILIZACIÓN DE EQUIPOS EN EMPLAZAMIENTOS MINEROS.....</b>	<b>94</b>
11.1	MÁQUINAS .....	94
11.2	EQUIPOS ELÉCTRICOS.....	94
11.3	APARATOS DE MEDIDA QUE AFECTAN A LA SEGURIDAD.....	95
11.4	EXPLOSORES .....	96
11.5	OTROS MATERIALES .....	96
<b>12</b>	<b>PLAN DE PREVENCIÓN CONTRA EXPLOSIONES.....</b>	<b>97</b>
12.1	REQUISITOS .....	97
12.2	MODELO PARA UN PLAN DE PREVENCIÓN CONTRA EXPLOSIONES .....	99
12.3	EJEMPLO DE PLAN DE PREVENCIÓN CONTRA EXPLOSIONES .....	119

## 1 ANTECEDENTES

La Dirección General de Política Energética y Minas del entonces Ministerio de Economía y la Universidad Politécnica de Madrid firmaron, con fecha 10 de junio de 2002, un Convenio Específico para la **“Elaboración del “Documento sobre explosión” que forma parte del Documento sobre Seguridad y Salud”**.

Ahora, tras la revisión y actualización de aquel trabajo, se presenta esta guía cuya finalidad es la de ayudar a los empresarios de las explotaciones subterráneas españolas a la elaboración y puesta al día del Plan de Prevención contra Explosiones, exigido en la Parte A del Anexo único del Real Decreto 1389/1997, de 5 de septiembre, por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y salud de los trabajadores en las actividades mineras.

Cabe señalar que esta exigencia es impuesta tanto a las industrias extractivas a cielo abierto como a las subterráneas, así como a las dependencias de superficie, si bien esta guía únicamente es de aplicación a las industrias extractivas subterráneas. Para las industrias extractivas a cielo abierto así como para las actividades de preparación para la venta de las materias extraídas (excluidas las de transformación) como son la trituración, molienda, micronización, etc., será más conveniente para la elaboración del Plan de Prevención contra Explosiones la utilización de la Guía de aplicación de la Directiva 1999/92/CE.

## 2 INTRODUCCIÓN

La seguridad y la salud en el trabajo no constituía inicialmente uno de los objetivos de la CEE, de forma que no existía ninguna norma que regulase estos aspectos, y sólo podemos referirnos al artículo 2 del Tratado constitutivo de la CEE, el cual establece como uno de sus principios de actuación la búsqueda de un alto nivel de protección y de mejora de la calidad del medio ambiente, la elevación del nivel y de la calidad de vida, la cohesión económica y social y la solidaridad entre los Estados Miembros.

Todos los aspectos relacionados con la seguridad e higiene en el trabajo eran considerados como materias puramente técnicas y que se desarrollaban en las Directivas denominadas de “Antiguo Enfoque”, actualmente se ha pasado a relacionar todos estos aspectos con los ámbitos sociales. Este cambio en el enfoque de los problemas relacionados con la seguridad e higiene no son una evolución casual, sino que está motivada por la necesidad de la Comunidad Europea de dotarse de una política social propia y no sólo conseguir una convergencia económica.

En este sentido, constituye una de las finalidades de los diferentes Estados disponer de unas herramientas de organización similares que les permitan gestionar de forma parecida la seguridad y salud en el trabajo. Los anteriores principios responden a la Directiva Marco 89/391/CEE, que surgió como consecuencia de la importante modificación del Tratado Constitutivo que mediante el Acta Única Europea, artículo 21, significó la incorporación del artículo 118A, actual artículo 137.

Dicho artículo establece como objetivo de los Estados Miembros la mejora del entorno de trabajo, para proteger la salud y la seguridad de los trabajadores, la mejora de las condiciones de trabajo y la información y consulta de los trabajadores. A tal fin, establece cuales deben ser las herramientas que se utilizarán para alcanzar tales objetivos, dicha herramienta serán las Directivas que establecerán disposiciones mínimas que habrán de aplicarse progresivamente. Estas disposiciones sólo tienen la consideración de mínimos y, por tanto, son susceptibles de ser mejoradas por parte de cada Estado Miembro. Se deja, pues, a la voluntad de cada uno de estos, la posibilidad de la mejora de estos mínimos establecidos, entendiéndose que de esta manera no es posible legislar por debajo de estos mínimos.

Como consecuencia de todo lo anterior, la CEE promulgó la Directiva Marco 89/391/CEE, como primera Directiva amparada en el citado artículo 118A. Es una norma breve de tan sólo 19 artículos, a pesar de que en su artículo 16 establece la posibilidad de que se deriven de ella las citadas Directivas específicas, de las cuales forman parte:

- La Directiva 1999/92/CE, 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.
- La Directiva 92/104/CEE, relativa a las disposiciones mínimas destinadas a mejorar la protección en materia de seguridad y salud de los trabajadores de las industrias extractivas a cielo abierto y subterráneas.

La Directiva 1999/92/CE, es la decimoquinta directiva con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la citada Directiva Marco. El cumplimiento de las disposiciones mínimas tendentes a mejorar la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores con riesgo de exposición debido a atmósferas explosivas es imprescindible para garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores. En caso de explosión, los efectos incontrolados de las llamas y presiones, así como la presencia de productos de reacción nocivos y el consumo de oxígeno ambiental necesario para respirar, ponen en peligro la vida y salud de los trabajadores.

Las explosiones pueden producirse debido a:

- Materiales procesados o utilizados por los equipos, sistemas de protección y componentes, por ejemplo minerales obtenidos (arrancados) como parte del proceso de explotación.
- Materiales liberados por el equipo, sistemas de protección y componentes.
- Materiales en la proximidad del equipo, sistemas de protección y componentes.
- Materiales con los cuales están contruidos los equipos, sistemas de protección y componentes.

La protección contra la explosión de equipos, sistemas de protección y componentes depende de:

- El diseño y la construcción del equipo, sistemas de protección y componentes.

- El uso a que esta destinado.
- Las condiciones ambientales existentes (condiciones ambiente).
- Los materiales explotados y manipulados.

En la norma EN 1127-2:2002 “Atmósferas explosivas - Prevención y protección frente a la explosión – Parte 2: Conceptos básicos y metodología para minería” se especifican “dos condiciones peligrosas” teniendo en cuenta las definiciones de la Directiva 94/9/EEC:

- Condición peligrosa 2 (atmósfera potencialmente explosiva): Intervalo entre el 0% y el LIE o por encima del LSE hasta el 100% de grisú en aire.
- Condición peligrosa 1 (atmósfera explosiva): Intervalo entre el LIE y el LSE de grisú en aire.

En el caso de la minería del carbón, el grisú y el polvo de carbón son liberados por la actividad minera. De esta forma, los riesgos potenciales de explosión son mayores como resultado de las mezclas explosivas aire-gas o polvo-gas formadas y que no pueden ser eliminadas completamente mediante las medidas preventivas adoptadas.

Las mezclas aire-grisú son diluidas mediante la ventilación y evacuadas hasta la superficie (exterior), de forma que el contenido de gas en la explotación se mantiene por debajo del límite inferior de explosión. Sin embargo, como resultado de un fallo del sistema (por ejemplo la avería de un ventilador), la emisión repentina de gran cantidad de gas, o el aumento en la liberación de grisú como consecuencia de la disminución de la presión del aire o el incremento en la producción de carbón, pueden superarse las concentraciones de gas permitidas. Las atmósferas explosivas así originadas, aunque limitadas en el espacio y tiempo, pueden originar riesgos no sólo en el punto de origen sino también en las vías de evacuación, retornos de aire y otras estructuras anexas a la mina.

Las mezclas aire-polvo de carbón son neutralizadas, normalmente, en el origen de la emisión mediante inyección de agua, sistemas de captación de polvo en

minadores de galería en avance y el tratamiento con polvo inerte para reducir el potencial de explosión. Sin embargo, el riesgo de explosión puede aparecer si el polvo explosivo se pone en suspensión, por ejemplo en los puntos de transferencia, en tolvas o en otros sistemas de transporte.

A diferencia de otras industrias, en las minas con grisú los equipos eléctricos y no eléctricos y el personal de la explotación están en contacto permanentemente con mezclas de gas y polvo las cuales, bajo condiciones desfavorables, pueden formar atmósferas explosivas. Por consiguiente, existen en vigor estrictos requisitos particulares de seguridad para la protección frente a las explosiones y la obligación de elaborar planes de evacuación para actuar cuando existan condiciones de riesgo.

A diferencia de la EN 1127-1:1997 “Atmósferas explosivas – Protección y prevención frente a la explosión – Parte 1: Conceptos básicos y metodología”, la cual no incluye la minería, el término “área” (zona) no se utiliza para la clasificación de los lugares de trabajo expuestos al peligro de explosión ya que, este término, representa un espacio determinado, claramente dimensionado, alrededor de una instalación industrial permanente, por ejemplo, una planta química con instalaciones fijas y límites determinados alrededor de diferentes procesos u operaciones industriales. Así, la Directiva 94/9/EC diferencia la industria minera y no-minera clasificando los equipos para minería como Grupo I y los no mineros como Grupo II.

En las minas grisuosas, la decisión sobre si los mineros pueden o no trabajar en un determinado emplazamiento depende de las condiciones ambiente existentes en cada momento. Tradicionalmente, se utiliza como una práctica común en todos los estados miembros de la UE la desconexión de los equipos y evacuación de los mineros de sus lugares de trabajo cuando las condiciones ambiente alcanzan un porcentaje específico del LIE del grisú en aire, que se define en las diferentes legislaciones nacionales.

En la práctica, las legislaciones nacionales exigen que se realicen mediciones de gas en puntos concretos y con intervalos definidos, y además, que se tomen medidas adecuadas para la desconexión de los equipos, bien manual o automáticamente, si la concentración de grisú alcanza determinados valores.

Una subdivisión de los peligros originados por una atmósfera de gas explosiva y de aquellos causados por una atmósfera explosiva de polvo, en contraste con la EN 1127-1:1997, no es admisible en minería subterránea de carbón en la que los peligros son originados, simultáneamente, por grisú y por nubes de polvo inflamable. De esta forma, las medidas de protección contra la explosión cubrirán ambos peligros, los causados por grisú y los causados por polvos inflamables.

La Directiva 94/9/EC amplía la definición de atmósfera potencialmente explosiva para incluir tanto el grisú como los polvos combustibles. Importantes investigaciones han demostrado que la mínima energía de ignición (MIE) de las mezclas de polvo de carbón–aire es varios cientos de veces la de las mezclas de grisú–aire y, el intersticio experimental máximo de seguridad (IEMS) para las partículas de polvo de carbón es más del doble que para el grisú. Parece razonable asumir que los equipos, sistemas de protección y componentes que son diseñados y construidos para su uso en atmósferas con grisú son también adecuados para uso en mezclas polvo de carbón–aire.

La comparación entre datos experimentales de grisú y polvo de carbón sólo es relativa a atmósferas. De forma que cuando se puedan formar capas de polvo de carbón, será necesario tomar precauciones adicionales.

### **3 OBJETIVOS**

De acuerdo con el artículo 14 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, todos los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo. Este derecho supone la existencia de un correlativo deber del empresario de protección de los trabajadores frente a los riesgos laborales. El empresario deberá aplicar las medidas que integran el deber general de prevención previsto en este artículo, con arreglo a los principios generales de la acción preventiva establecidos en la citada Ley.

Esta acción preventiva deberá ser planificada por parte del empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores. Dicha evaluación de riesgos, así como las medidas de protección y prevención adoptadas forman parte de la documentación que el empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral, tal como se recoge en el artículo 23 "Documentación" de la citada Ley 31/1995.

En el caso de las actividades mineras, el Real Decreto 1389/1997, de 5 de septiembre, por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras, establece, en su artículo 3, la obligación por parte del empresario de elaborar y mantener al día un documento sobre la seguridad y la salud denominado "Documento sobre Seguridad y Salud" que recoja los requisitos pertinentes contemplados en los artículos III y V de la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales.

El objetivo del presente documento es desarrollar una guía que sirva al empresario para elaborar una parte del Documento sobre Seguridad y Salud, concretamente la referida a la protección contra los riesgos de explosión debido a la formación de atmósferas explosivas, parte que como ya se ha dicho le es exigida de forma específica al empresario minero en la Parte A del Anexo único del Real Decreto 1389/1997 a través del denominado Plan de Prevención contra Explosiones.

Este requisito se precisa en la Directiva 1999/92/CE al imponer al empresario la obligación de elaborar y mantener actualizado el denominado “Documento de Protección contra Explosiones” o una serie de documentos que satisfagan los requisitos mínimos que establece la Directiva. El Documento de Protección contra Explosiones incluye la identificación de los supuestos, la evaluación de los riesgos y la definición de las medidas específicas que deben ser adoptadas para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas, de conformidad con el artículo 9 de la Directiva 89/391/CEE. Dicho documento puede ser parte integrante de la evaluación de los riesgos en el lugar de trabajo que se establece en el referido artículo.

Sin embargo, esta Directiva excluye de su ámbito de aplicación las industrias extractivas, ya que éstas están contempladas en la Directiva 92/104/CEE transpuesta a la legislación española mediante el Real Decreto 1389/1997. Por todo ello, el presente documento pretende ser una guía para la aplicación de los principios, contenidos en la Directiva 1999/92/CE, sobre protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas.

## 4 DEFINICIONES ÚTILES

**Sustancia inflamable:** Sustancia en forma de gas, vapor, líquido, sólido o de sus mezclas, capaz de sufrir una reacción exotérmica con el aire después de la ignición.

**Componente:** Pieza que es esencial para el funcionamiento seguro de los aparatos y sistemas de protección, pero que no tiene función autónoma.

**Deflagración:** Explosión que se propaga a una velocidad subsónica (véase la norma ISO 8241-1, 1987-03-01, apartado 1.11).

**Detonación:** Explosión que se propaga a una velocidad supersónica y se caracteriza por una onda de choque (véase la norma ISO 8241-1, 1987-03-01, apartado 1.13).

**Aparatos:** Máquinas materiales, dispositivos fijos o móviles, órganos de control e instrumentación, sistemas de detección y prevención que, solos o combinados, se destinan a la producción, transporte, almacenamiento, medición, regulación, conservación de energía y transformación de materiales y que, por las fuentes potenciales de ignición que los caracteriza, pueden desencadenar una explosión (Directiva 94/9/CE, Capítulo 1, artículo 1).

**Explosión:** Reacción brusca de oxidación o de descomposición, que produce un incremento de temperatura, de presión o de las dos simultáneamente (ISO 8241-1, 1987-03-01, apartado 1.13).

**Límites de explosividad:** Límites del rango de explosividad.

**Límite inferior de explosividad (LIE):** Límite inferior del rango de explosividad.

**Límite superior de explosividad (LSE):** Límite superior del rango de explosividad.

**Rango de explosividad:** Rango de concentración de una sustancia en el aire dentro del cual se puede producir la explosión.

**Resistencia a la explosión:** Propiedad de los recipientes y aparatos diseñados para resistir la presión de explosión o bien resistir el choque de presión de la explosión.

**Resistencia a la presión de explosión:** Propiedad de los recipientes y aparatos diseñados para resistir la presión de explosión esperada sin deformación permanente.

**Resistencia al choque de la presión de explosión:** Propiedad de los recipientes y aparatos diseñados para resistir la presión de explosión esperada, sin rotura, pero permitiendo una deformación permanente.

**Atmósfera explosiva:** Mezcla con el aire, en condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, en la que después de una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada (Directiva 94/9/CE, Capítulo 1, Artículo 1).

**Punto de ignición:** Temperatura mínima a la que, en condiciones de ensayo específicas, un líquido emite suficiente gas o vapor combustible para inflamarse momentáneamente en presencia de una fuente de ignición efectiva.

**Atmósfera explosiva peligrosa:** Mezcla con el aire, en condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, en la que después de una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada (Directiva 94/9/CE, capítulo 1, Artículo 1).

**Mezcla híbrida:** Mezcla de sustancias inflamables con aire en diferentes estados físicos. Ejemplo de mezclas híbridas son las de metano y polvo de carbón y aire.

**Inertización:** Adición de sustancias inertes para impedir las atmósferas explosivas.

**Uso previsto:** Uso de aparatos, sistemas de protección y dispositivos conforme a los grupos y categorías especificadas en el Anexo I de la Directiva 94/9/CE, y siguiendo todas las indicaciones proporcionadas por el fabricante y necesarias para garantizar el funcionamiento seguro de los aparatos, sistemas de

protección y dispositivos (véase también la Directiva 94/9/CE, Capítulo 1, Artículo 1).

**Concentración Límite en Oxígeno (CLO):** Concentración máxima en oxígeno en una mezcla de una sustancia inflamable, aire y un gas inerte, en la que no se produce una explosión en condiciones de ensayo determinadas.

**Máquina:** Conjunto de piezas u órganos unidos entre sí, de los cuales uno por lo menos es móvil, y en su caso, de órganos de accionamiento, circuitos de mando y de potencia, etc., asociados de forma solidaria para una aplicación determinada, en particular para la transformación, tratamiento, desplazamiento y acondicionamiento de un material (material es equivalente a sustancia o producto). El término máquina también cubre un conjunto de máquinas que, para llegar a un mismo resultado, están dispuestas y accionadas para funcionar solidariamente (89/392/CEE, Artículo 1.2).

**Intersticio Experimental Máximo de Seguridad (IEMS):** Intersticio máximo de la unión entre las dos partes de la cámara interna de un aparato de ensayo que, cuando la mezcla gaseosa interna se inflama y en condiciones de ensayo determinadas, impide la ignición de una mezcla gaseosa externa a través de una junta de 25 mm de longitud, cualquiera que sea la concentración en aire del gas o del vapor ensayado. El IEMS es una propiedad de la mezcla del gas dado (véase también la norma CEI 50-426, 1990-10, 426-02-11).

**Presión máxima de explosión:** Máxima presión obtenida en un recipiente cerrado durante la explosión de una atmósfera explosiva, en condiciones de ensayo determinadas.

**Energía mínima de ignición (EMI):** La energía eléctrica más débil acumulada en un condensador, que al descargarse es suficiente para producir la ignición de la atmósfera más fácilmente inflamable, en condiciones de ensayo determinadas.

**Temperatura mínima de ignición de una atmósfera explosiva:** Temperatura de ignición de un gas combustible o de un vapor de un líquido combustible, o temperatura mínima de ignición de una nube de polvo.

**Temperatura de ignición (de un gas combustible o de un líquido combustible):** Temperatura más baja de una superficie caliente, obtenida en condiciones de ensayo determinadas, a la que se puede producir la ignición de una sustancia combustible, en condiciones de ensayo determinadas.

**Temperatura mínima de ignición de una nube polvo:** Temperatura más baja de una superficie caliente sobre la que se produce la ignición de la mezcla más inflamable de polvo con aire, en condiciones de ensayo determinadas.

**Funcionamiento normal:** Situación que existe cuando los aparatos, sistemas de protección y componentes desempeñan la función prevista dentro de los parámetros para los que están diseñados (véase también el apartado 5.2.2 a de la norma EN 292-1:1991). Pequeñas fugas de producto inflamable pueden ser parte del funcionamiento normal. Por ejemplo, las fugas de sustancias en las juntas que se basan en mantenerse húmedas por el fluido que está siendo bombeado, se consideran pequeñas fugas. Los fallos que implican una reparación o una parada, no se consideran como parte del funcionamiento normal.

**Atmósfera potencialmente explosiva:** Atmósfera que puede convertirse en explosiva debido a circunstancias locales y de funcionamiento (Directiva 94/9/CE, capítulo 1, Artículo 1).

**Sistemas de protección:** Dispositivos, distintos de los componentes de los aparatos definidos anteriormente cuya función es detener inmediatamente las explosiones incipientes y/o limitar la zona afectada por una explosión, y que se comercializan por separado como sistemas con funciones autónomas (Directiva 94/9/CE, capítulo 1, Artículo 1).

**Presión de explosión reducida:** Presión producida por la explosión de una atmósfera explosiva en un recipiente protegido por la descarga de la explosión o por la supresión de la explosión.

**Autoignición de polvos a granel:** Ignición de polvos debida al hecho de que la velocidad de generación del calor producido por la oxidación y/o por reacciones de descomposición del polvo es superior a la velocidad de evacuación de calor hacia el exterior.

## **5 ACTUACIONES PREVIAS AL DESARROLLO DEL PLAN DE PREVENCIÓN CONTRA EXPLOSIONES**

Antes de acometer las acciones exigidas por el Real Decreto 1389/1997 en lo referente a la prevención y protección contra explosiones, y por tanto antes de confeccionar el Plan de Prevención contra Explosiones, debe determinarse si el riesgo de explosión debe ser tenido en cuenta de forma global. Es decir, si las labores, ya sean de un tajo ya existente o de un nuevo proyecto, deben ser clasificadas respecto a la posible presencia de grisú o de polvo inflamable según lo establecido en el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera y en el Real Decreto 1389/1997.

Para ello y a modo de guía, se han confeccionado los diagramas de actuación que se muestran a continuación. Estos diagramas pueden seguirse previamente antes de acometer cualquier otra actuación en el desarrollo del Plan de Prevención contra Explosiones.

En el diagrama lógico de actuación previa frente al grisú que se muestra en la figura 5.1, se parte de la existencia de algún indicio de posible presencia de grisú en las labores para a partir de aquí proceder a la clasificación de éstas según se establece en la ITC 04.1.01 del RGNBSM. Si finalmente se determina la clasificación de las labores como de segunda, tercera o cuarta categoría deberá elaborarse el Plan de Prevención contra Explosiones cuyos contenidos podrán ser los que se proponen en esta guía.

De la misma forma se comprobará si existe riesgo de explosión por presencia de polvo combustible en las labores, subrayándose que la Parte C del Anexo único del R.D 1389/1997 dedicada a las industrias extractivas subterráneas establece que las minas de carbón serán consideradas como minas con polvos inflamables SALVO cuando el Documento sobre Seguridad y Salud demuestre que ninguna de las capas produce polvos capaces de propagar la explosión.

Para determinar si las capas a explotar producen polvos capaces o no de propagar la explosión, puede actuarse según el diagrama que se muestra en la figura 5.2.

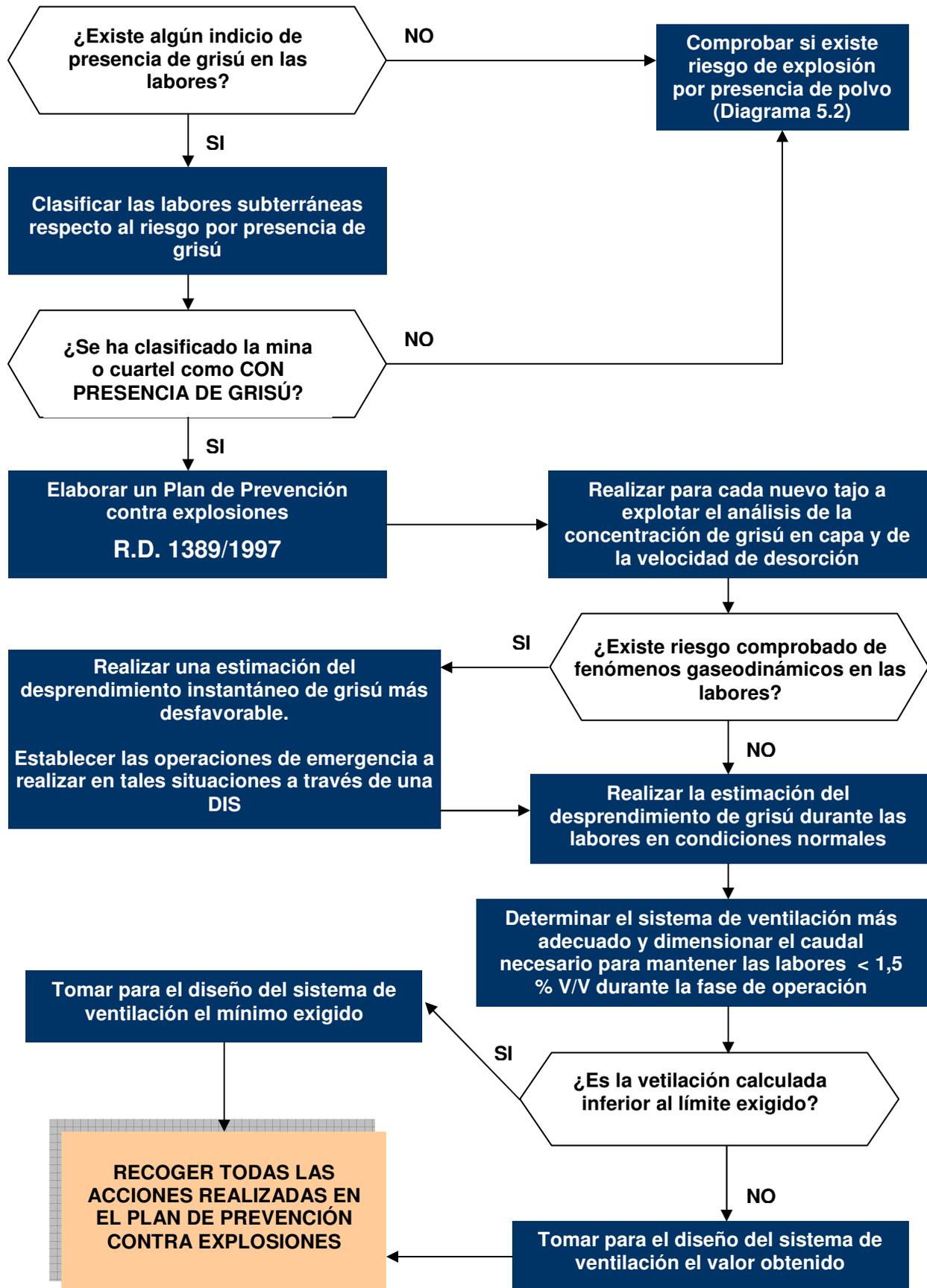


Figura 5.1: Diagrama lógico de actuación previa ante atmósferas explosivas de grisú

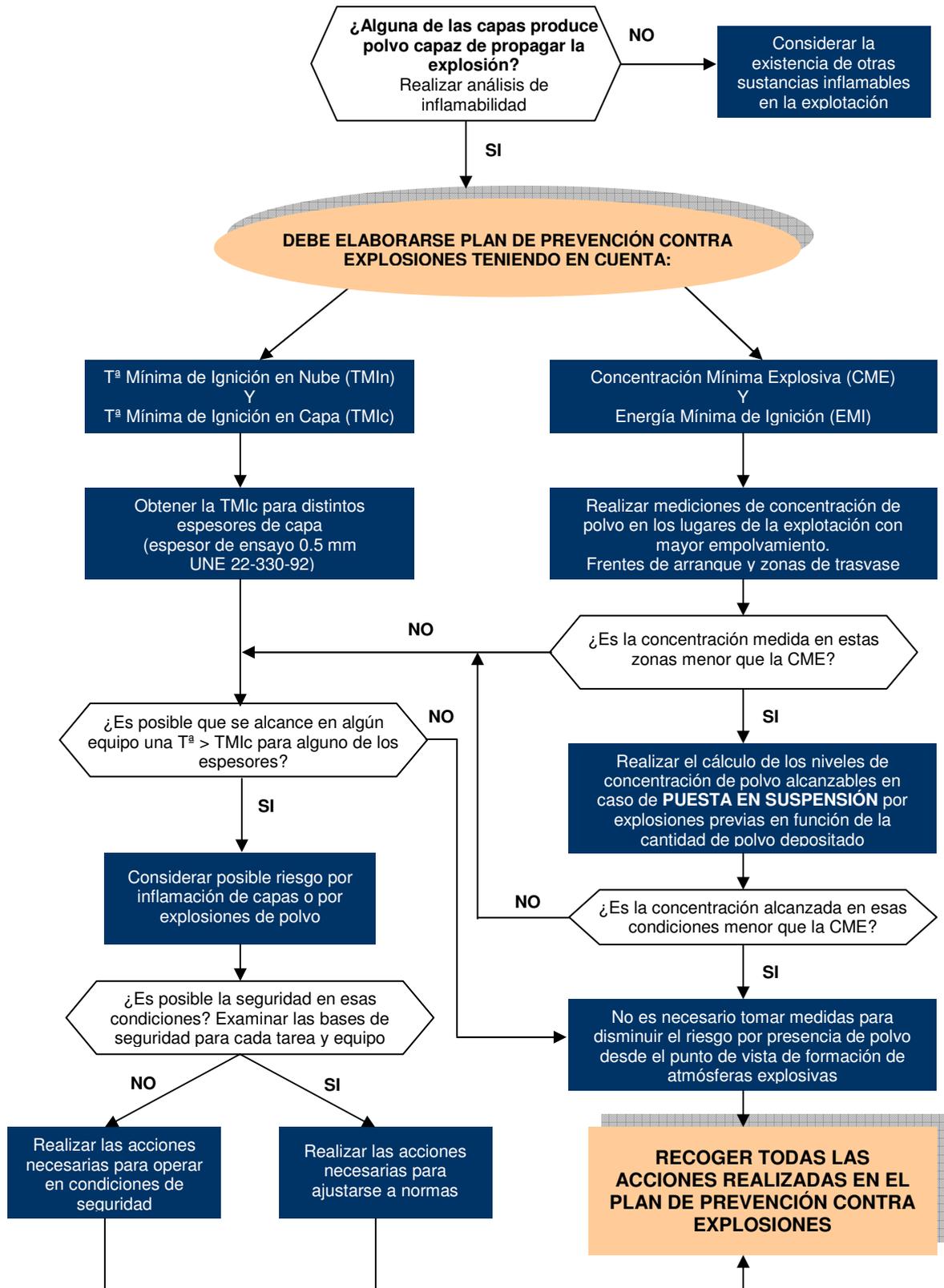


Figura 5.2: Diagrama lógico de actuación previa ante atmósferas explosivas de polvo

## 6 EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DE EXPLOSIÓN

Cualquier metodología de evaluación de riesgos debe considerar todos los factores de riesgo, incluyendo aquellos que son inesperados. En este caso, se pretenden evaluar únicamente los riesgos derivados de la presencia de atmósferas explosivas en las labores de minería subterránea, y por tanto la metodología debe ir encaminada a identificar y evaluar este tipo de riesgos. Esta metodología, al igual que cualquier otra deberá plantearse las siguientes cuestiones básicas.

- ¿Qué conocemos?, ¿Cuál es el riesgo?
- ¿Prevedemos algún tipo de accidente?
- ¿Qué tipo de acciones podemos tomar?
- ¿Qué funciona mal? ¿Cuáles son las consecuencias potenciales?
- ¿Cuál sería la forma correcta de que sucediera?
- ¿Qué cambios deberíamos realizar para controlar la situación?
- ¿Qué consecuencias potenciales podemos tolerar en función de las probabilidades estimadas para cada riesgo?
- ¿Cuáles son los costes y los beneficios de tecnologías alternativas?



En la actualidad no existe ningún método específico para la evaluación de los riesgos de explosión en minería subterránea. El método utilizado en esta guía es el propuesto en el **Proyecto RASE (SMT4-CT97-2169) 2000, “Explosive Atmospheres: Methodology on Risk Assessment of Unit Operations and Equipment”**, proyecto europeo que recoge una metodología básica para la evaluación de riesgos de explosión en equipos y unidades de operación para su uso en atmósferas potencialmente explosivas. Esta metodología se fundamenta en la identificación sistemática de todas las situaciones con riesgo de explosión que pueden presentarse durante el desarrollo de un proceso.

Si bien la metodología seleccionada ha sido desarrollada para la evaluación de los riesgos de explosión producidos por equipos y unidades de operación en ambientes industriales, su esquema puede extrapolarse con facilidad a tareas mineras siempre y cuando los trabajos contengan en su ejecución características de un proceso, es decir, existan equipos en funcionamiento entre los cuales existe alguna relación en el desarrollo de la tarea, y además se tenga la posibilidad de existencia de atmósferas explosivas en determinados momentos, producidas por la presencia de grisú o polvo inflamable en concentración variable.

El desarrollo de la metodología general de evaluación de riesgos en atmósferas explosivas propuesto se llevará a cabo en cinco pasos, estos son:

1. Determinación de la tarea minera a evaluar.
2. Identificación de riesgos.
3. Estimación de las consecuencias del riesgo / probabilidades.
4. Valoración del riesgo.
5. Análisis de las opciones de reducción del riesgo.

La evaluación de riesgos se debería desarrollar según el orden marcado por estos cinco pasos. El conjunto de los tres primeros pasos de la evaluación de riesgos (determinación, identificación, estimación) es conocido normalmente cómo análisis de riesgos.

La evaluación de riesgos es un proceso iterativo. Si después de evaluar un riesgo, se toma la decisión de que ese riesgo debe ser reducido, deberán seleccionarse que medidas de reducción será necesario tomar para reducir ese riesgo a un nivel aceptable. Es además esencial comprobar que las medidas tomadas para reducir el riesgo no introducen por si mismas nuevos peligros. Por consiguiente, en el proceso de evaluación se introducirá un bucle de realimentación desde el proceso de análisis de las opciones de reducción de riesgos hasta el proceso de identificación.

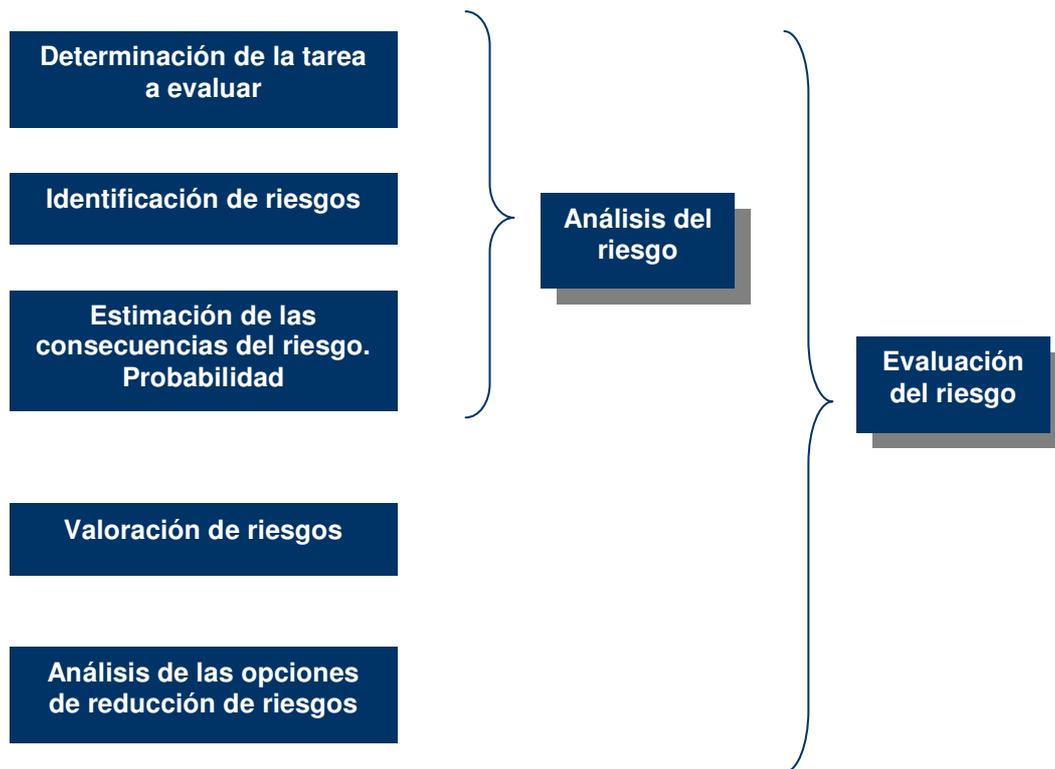


Figura 6.1: Fases de la evaluación de riesgos

## 6.1 DETERMINACIÓN DE LA TAREA A EVALUAR

Para comenzar el proceso de evaluación debemos empezar por entender como se desarrolla la tarea minera que estamos evaluando, como funcionan los equipos e instalaciones, y la forma en que puede aparecer cada posible riesgo de explosión.

Para ello previamente deben seleccionarse de entre todas las tareas que se llevan a cabo en la explotación, aquellas en las que esta presente el riesgo de explosión.

Para realizar está selección, previamente debe haberse realizado la clasificación de la explotación en función de las condiciones atmosféricas con riesgo de explosión según lo expuesto en el capítulo 8 de esta guía. Las tareas mineras en las que está presente el riesgo serán todas aquellas que se desarrollen bajo tales situaciones.

### **6.1.1 Descripción del proceso**

Una vez seleccionadas todas las tareas en las que está presente el riesgo se irá analizando cada una de ellas sucesivamente. El primer paso para realizar la evaluación de riesgos de cada tarea será la descripción de ésta de la mejor forma posible, incluyendo diagramas que muestren la situación de todos los equipos e instalaciones presentes de forma clara.

Igualmente se señalarán paso a paso y de forma metódica todos los trabajos que deben ser realizados para la ejecución de la tarea que se describe.

Deberán detallarse las características (temperaturas, presiones, materiales, etc.) relacionadas con el riesgo de explosión de los equipos involucrados en el desarrollo de la tarea analizada, incluyendo en esta descripción los posibles fallos que puedan presentarse y constituir posibles fuentes de ignición.

El objetivo de este paso es detallar como suceden las cosas durante el desarrollo del proceso estudiado de manera que pueda ser utilizado como base para el desarrollo de los dos pasos siguientes.

### **6.1.2 Análisis funcional de estados**

El objeto de este paso del proceso de evaluación es detallar como evolucionan las sustancias inflamables durante el desarrollo de la tarea que se analiza.

Mediante este análisis se establecen las relaciones entre el estado físico de la sustancia inflamable (grisú o polvo inflamable), los equipos con los que entra en contacto y las energías que se manejan en todas las fases de operación de una determinada tarea minera.

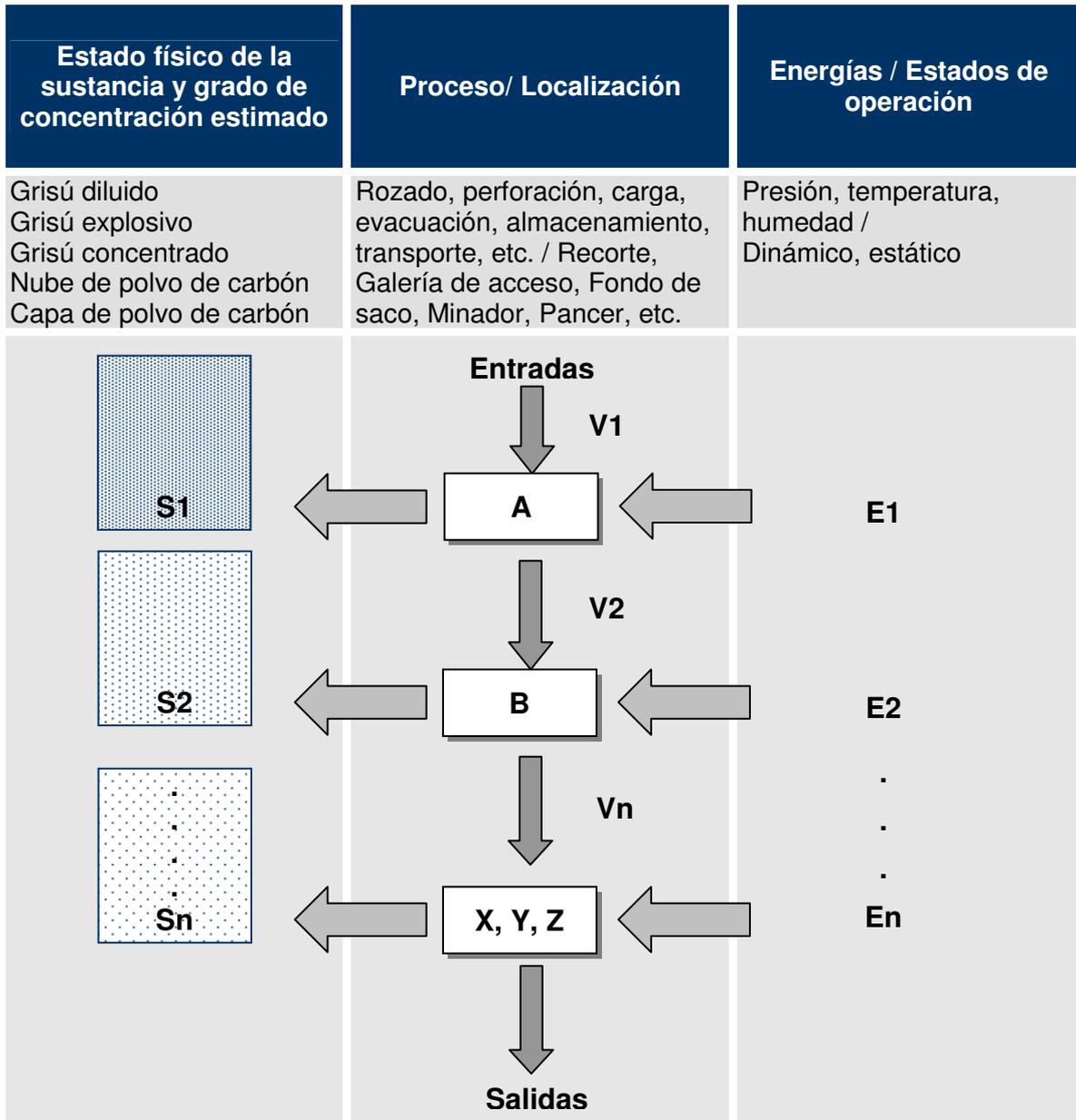
En el caso de procesos complejos es una ventaja para realizar el análisis funcional de estados establecer un diagrama de flujo, con la inclusión de los niveles de concentración del grisú o polvo inflamable previstos para cada fase de operación. Tal diagrama ayuda a definir el estado de las sustancias explosivas presentes y la disponibilidad de los equipos en esas condiciones (ver Figura 6.2).

De esta forma, el análisis es útil para determinar, qué, por qué y cómo suceden las cosas, especialmente cuando analizamos procesos complejos.

Para la confección del diagrama se identificarán los posibles focos de aparición de grisú o polvo inflamable, para a partir de aquí efectuar un seguimiento de su evolución durante el desarrollo de la tarea. Los lugares donde se producen cambios de concentración de la sustancia señalaran los puntos intermedios del diagrama, de manera que se señalaran en la columna izquierda los distintos estados por los que atraviesa.

De la misma forma, en la columna central y correspondiéndose con los cambios de concentración indicados en la columna izquierda se incluirán todos los procesos que pueden provocar esos cambios de estado de la sustancia, al igual que la localización de dónde se desarrollan esos procesos. Esta localización es muy importante, ya que permitirá posteriormente cruzar el diagrama de análisis funcional de estados con las tablas de identificación de fuentes de ignición para la obtención del listado de situaciones con riesgo.

Por último, en la columna de la derecha se incluirán datos sobre las energías, temperaturas y otros parámetros que puedan ser de interés respecto al riesgo de explosión en el desarrollo de estos procesos intermedios, así como datos sobre el ambiente de mina en esas situaciones.



$S_i$ : estado físico de la sustancia  
 A, B, C, ... X, Y, Z: procesos y localizaciones de estos procesos  
 $E_i$ : energía / estado de operación  
 $V_i$ : enlaces y localizaciones intermedias

**Figura 6.2: Análisis funcional de estados**

NOTA: Ver ejemplos de aplicación en el apartado 12.3

## 6.2 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

En pocas ocasiones un sólo elemento es el causante de las situaciones de riesgo. Aunque la causa inmediata pueda ser el simple fallo de un equipo o un error del operador, posiblemente existirán otros sucesos que también habrán tenido influencia en el desarrollo del accidente. Tales situaciones incluyen tanto fallos no detectados de los sistemas de protección como fallos en aspectos organizativos.

En la mayoría de los casos, la identificación de peligros es la parte más importante de cualquier evaluación de riesgos. Además, debe haberse realizado con suma precisión la definición de la tarea minera para desarrollar adecuadamente todos los pasos posteriores del proceso de evaluación.

Es de gran importancia en esta fase del proceso el total conocimiento del funcionamiento de los equipos implicados y de los posibles fallos que puedan presentarse, ya sean provocados tanto por equipos, instalaciones como por errores humanos.

### 6.2.1 Listado de posibles fuentes de ignición

La tarea minera debe ser examinada detalladamente para determinar que fuentes de ignición pueden presentarse. Para ello deberemos realizar un listado con todos los equipos presentes durante la ejecución de los trabajos e igualmente tener presentes las etapas de desarrollo de la tarea especificadas en el apartado 6.1.1 para tener en cuenta las posibles fuentes de ignición originadas por la acción humana. La tabla 6.1 contiene una lista de posibles fuentes de ignición que son las incluidas en la norma UNE-EN 1127-2 “Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 2: Conceptos básicos y metodología para minería”.

Primeramente, en la columna general sobre “Posibles fuentes de ignición”, se indicarán para cada tipo de fuente de ignición los equipos, instalaciones o acciones que pueden provocar la aparición de ésta, junto al porque de su posible origen.

Cuando durante la ejecución de las labores necesarias para el desarrollo de la tarea estudiada, pueda estar presente alguna de estas fuentes de ignición ya

sea por un equipo, instalación o acción humana, esta deberá anotarse en el registro correspondiente al “Tipo” de fuente de ignición de que se trate. En la columna “Equipo o instalación o acción humana / Localización” se identificará el foco específico de que se trate junto con su localización exacta.

En la columna “Causa” se detallará el motivo por el que este tipo de fuente de ignición puede presentarse (cortocircuito, sobrecarga, impacto, rozamiento, etc.).

Finalmente la columna “Significativo” se completará considerando la posibilidad de que la fuente identificada sea capaz de inflamar las atmósferas explosivas que pueden presentarse, de manera que se puedan tomar las decisiones adecuadas. Por ejemplo, si en la tarea analizada es posible la existencia de chispas generadas mecánicamente por roce de las picas de la cabeza de corte del minador con el mineral, entonces en la columna “Significativo” introduciremos ‘NO – Energía < MIE grisú  $3 \cdot 10^{-4}$  J’, si se ha determinado que tales chispas nunca alcanzarán los niveles de energía necesarios para inflamar una atmósfera de grisú con concentración explosiva. Si por el contrario existe la posibilidad de que estas chispas posean la suficiente energía o no tenemos dato alguno sobre el que poder decidir, deberemos introducir ‘SI – Energía > MIE grisú  $3 \cdot 10^{-4}$  J’, para estar del lado de la seguridad y tener presente esta posible fuente de ignición.

Como se ha dicho con anterioridad, para cada posible tipo de fuente de ignición de las que incluye la tabla 5.1 deberá indicarse si esta puede presentarse en:

- 1) Cada uno de los equipos que intervienen en el desarrollo de la tarea.
- 2) Las instalaciones presentes en la zona en la que se desarrolla la tarea.
- 3) Las acciones realizadas por los trabajadores en el desarrollo de su trabajo.

Tabla 6.1: Lista de identificación de fuentes de ignición

Identificación de fuentes de ignición (UNE EN 1127-2)			
TAREA ESTUDIADA:			
Posibles fuentes de ignición			
Tipo de fuente de ignición	Equipo o instalación o acción / Localización	Causa	Significativo (Incluir razón)
1. Superficies calientes			
2. Llamas y gases calientes (incluir partículas calientes)			
3. Chispas generadas mecánicamente			
4. Aparatos eléctricos			
5. Corrientes de fugas, corrosión de las protecciones catódicas			
6. Electricidad estática			
7. Rayos			
8. Radio frecuencias (RF) ondas electromagnéticas de $10^4$ Hz a $3 \cdot 10^{12}$ Hz			
9. Ondas electromagnéticas desde $3 \cdot 10^{11}$ Hz a $e \cdot 10^5$ Hz			
10. Radiaciones ionizantes			
11. Ultrasonidos			
12. Compresión adiabática y ondas de choque			
13. Reacciones exotérmicas, incluyendo autoignición de polvos			

### 6.2.2 Registro de identificación de riesgos de explosión

El principal espíritu de la identificación de riesgos es que todos los posibles riesgos de explosión sean detectados de forma sistemática sin pérdida de ninguno. El objetivo de esta fase es la obtención de una lista de situaciones con riesgo de explosión como la que muestra la tabla 6.2, que servirá de punto de partida para efectuar la estimación de todos los riesgos de explosión identificados.

Esta lista se obtendrá tras cruzar el diagrama funcional de estados, gracias a su columna central de localizaciones, con la lista de fuentes de ignición, que igualmente incluye la localización exacta de cada fuente de ignición identificada, de manera que se obtendrán todas las posibles situaciones de riesgo que pueden presentarse durante el desarrollo de las labores de ejecución de la tarea analizada.

La identificación de riesgos deberá analizar el proceso para identificar todas las posibles situaciones con riesgo de presencia conjunta de atmósferas potencialmente explosivas y posibles fuentes de ignición. El tipo de atmósfera explosiva que puede aparecer deberá ser introducido en la columna “Tipo” de la tabla. Seguidamente deberá estimarse la “Frecuencia de aparición”, mientras que la localización tanto espacial como temporal se introducirá en la columna de “Localización”.

Estas tres columnas serán completadas a partir del Diagrama de Análisis Funcional de Estados descrito en el apartado 5.1.2 de manera que obtendremos inicialmente tantos registros como localizaciones existan.

De la misma forma se completarán las columnas correspondientes a las fuentes de ignición identificadas especificándose; el “Tipo” de fuente de ignición de que se trata, el “Equipo, Instalación o Acción” que la provoca junto a su “Localización”, la “Causa” por la que se produce, su “Probabilidad” de ocurrencia y finalmente su “Efectividad”.

Tabla 6.2: Registro de identificación de riesgos de explosión

RIESGO	ATMÓSFERA EXPLOSIVA				FUENTE DE IGNICIÓN			
	Ref.	Tipo	Frecuencia de aparición	Localización	Tipo	Equipo o instalación o acción / Localización	Causa	Probabilidad
001-34.12	Volumen de grisú en movimiento. Conc. explosiva.	$V_1 = 3 \text{ (cm}^3/10\text{g/35s)}$ En operación normal. <b>Remota.</b>	Plano pozo. Zona de proximidad de la turbina.	Superficies calientes	TURBINA T05 Plano Pozo. 5m bajo embocadura 1er subnivel	Calentamiento excesivo del motor de la turbina. FALLO del relé de protección térmica.	M2 35.000 h. Mantenido. <b>Remota.</b>	Función de: Tª superficial <6> Tª ignición (TMI=537°C)
001-34.13	Volumen de grisú localizado. Conc. explosiva.	$V_1 = 3 \text{ (cm}^3/10\text{g/35s)}$ En operación normal. <b>Remota.</b>	Plano Pozo. Nicho de instalación de cofres de nivel.	Superficies calientes	COFRE C01 Mitad Plano Pozo. Nicho de cofres.	Calentamiento excesivo de envolvente por sobrecarga. FALLO de relé de protección térmica.	Ex l d 125.000 h <b>Ocasional.</b>	Función de: Tª superficial <6> Tª ignición (TMI=537°C)
001-34.14	Volumen de grisú localizado. Conc. explosiva.	$V_1 = 3 \text{ (cm}^3/10\text{g/35s)}$ En operación normal. <b>Remota.</b>	Plano Pozo. Nicho de instalación de cofres de nivel.	Chispa eléctrica	COFRE C01 Mitad Plano Pozo. Nicho de cofres.	Arco eléctrico en el interior de la caja de bornas del cofre de tajo.	Ex l d 125.000 h <b>Ocasional.</b>	Función de: Energía chispa <6> energía mínima de ignición grisú (3·10 <sup>-4</sup> J)
001-34.15	Nube de polvo de carbón localizada.	Dm = 40 µm En operación normal. <b>Frecuente.</b>	Frente del fondo de saco. Zona de acción de la cabeza de corte.	Chispa mecánica	MINADOR M01 Fondo de saco. Cabeza de corte.	Choque de las picas de corte con el material del frente. Excesiva velocidad de la cabeza de corte	M2 51.000 h. Mantenido. <b>Remota.</b>	Función de: Energía chispa <6> MIE nube de polvo
001-34.16	Nube de polvo de carbón localizada.	Dm = 40 µm En operación normal. Sin medidas. <b>Frecuente.</b>	Frente del fondo de saco. Zona de acción de la cabeza de corte.	Chispa mecánica	MINADOR M01 Fondo de saco. Cabeza de corte.	Choque de las picas de corte con el material del frente. FALLO de la inyección de agua en pica	M2 51.000 h. Mantenido. <b>Remota.</b>	Función de: Energía chispa <6> MIE nube de polvo
001-34.17	Nube de polvo de carbón localizada.	Dm = 40 µm En operación normal. Sin medidas. <b>Frecuente.</b>	Frente del fondo de saco. Zona de acción de la cabeza de corte.	Chispa mecánica	MINADOR M01 Fondo de saco. Cabeza de corte.	Choque de las picas de corte con el material del frente. FALLO, picas de corte desgastadas	M2 51.000 h. Mantenido. <b>Remota.</b>	Función de: Energía chispa <6> MIE nube de polvo

La asignación de la “Frecuencia de aparición” de la atmósfera potencialmente explosiva identificada es un punto clave de la evaluación, ya que por tratarse de una estimación cualitativa la influencia de la subjetividad juega un papel fundamental. Por este motivo, ésta frecuencia de aparición debería guardar estrecha relación con parámetros cuantificables y característicos de las sustancias inflamables analizadas, como son la grisuosidad de la capa y los niveles de empolvamiento de las labores, así como con los niveles de ventilación existentes, de manera que a mayores valores grisuosidad y empolvamiento mayores frecuencias de aparición.

A continuación se muestra una tabla a título orientativo de cómo podría efectuarse la asignación de probabilidades en la frecuencia de aparición de la atmósfera explosiva.

Para el grisú esta probabilidad podría venir dada mediante una tabla similar a la Tabla 6.3 en función de la grisuosidad de la capa explotada, dada por el valor del índice de velocidad de desorción de grisú ( $V_1$ , Especificación Técnica 0307-2-92) y en función del estado de operación de la ventilación.

**Tabla 6.3 Asignación de frecuencias de aparición de atmósferas explosivas de grisú**

$V_1$ (cm <sup>3</sup> /10g/35s) (medido a 1,5 m)	VENTILACIÓN EN FUNCIONAMIENTO NORMAL	VENTILACIÓN PARADA (PROGRAMADA O FALLO)
0-1	IMPROBABLE	REMOTA
1-2	IMPROBABLE	OCASIONAL
2-3	REMOTA	PROBABLE
>3	REMOTA	FRECUENTE

De la misma forma, para el polvo inflamable podría utilizarse una tabla similar a la Tabla 6.4 donde la frecuencia de aparición viene dada en función del grado de dispersibilidad del polvo, dependiente de su granulometría media, y en función de la existencia de sistemas antiempolvamiento.

**Tabla 6.4 Asignación de frecuencias de aparición de atmósferas explosivas de polvo**

<b>GRANULOMETRÍA MEDIA</b>	<b>EXISTENCIA DE MEDIDAS ANTIEMPOLVAMIENTO</b>	<b>NO EXISTENCIA DE MEDIDAS ANTIEMPOLVAMIENTO</b>
<b>GRUESA</b> >500 $\mu\text{m}$	IMPROBABLE	REMOTA
<b>MEDIA</b> (500 – 101) $\mu\text{m}$	IMPROBABLE	OCASIONAL
<b>FINA</b> (100 – 51) $\mu\text{m}$	REMOTA	PROBABLE
<b>MUY FINA</b> (50 – 1) $\mu\text{m}$	REMOTA	FRECUENTE

El siguiente paso después de haber incluido todos los registros correspondientes a las atmósferas explosivas que pueden presentarse, es el de cruzar estos registros con las listas de identificación de fuentes de ignición.

Las fuentes de ignición se introducirán en función de la localización que se les haya asignado en la lista de identificación de fuentes de ignición, de forma que cada registro de atmósfera explosiva identificada se repetirá tantas veces como fuentes de ignición existan con la localización coincidente con la de la atmósfera explosiva.

De esta forma, el número de registros a evaluar se multiplicará en función del número de posibles fuentes de ignición que se repitan en cada localización de atmósfera explosiva.

Para cada nuevo registro creado, que ya estará caracterizado por la atmósfera explosiva existente, se incluirán las cuatro columnas que caracterizan cada fuente de ignición identificada tantas veces como fuentes de ignición existan en la localización de la atmósfera explosiva.

De esta forma queda efectuado el cruce entre el diagrama funcional de estados y las listas de identificación de fuentes de ignición.

De nuevo un punto crucial del análisis será el de asignar una probabilidad al suceso aparición de cada fuente de ignición identificada.

En ocasiones, en los manuales de los fabricantes de equipos se aportan probabilidades de distintos tipos de fallo en función de las horas de funcionamiento de éstos, que pueden ser utilizadas para asignar alguna de las probabilidades de las fuentes identificadas en las tablas, si bien esta práctica no es habitual.

Por tanto, al igual que sucedía con la asignación de frecuencias de aparición de las distintas atmósferas explosivas identificadas, deberemos crear tablas de asignación de probabilidades de aparición de fuentes de ignición en función de las características, antigüedad y estado de mantenimiento de equipos e instalaciones.

La tabla 6.5 muestra un ejemplo de cómo podrían diseñarse este tipo de tablas.

**Tabla 6.5 Asignación de probabilidad de presencia de fuentes de ignición**

TIPO DE EQUIPO	ANTIGÜEDAD (horas de funcionamiento)	EQUIPO MANTENIDO PERIÓDICAMENTE	EQUIPO SIN MANTENIMIENTO PERIÓDICO
NO ATEX O SIN MARCADO	< 10.000	FRECUENTE	FRECUENTE
	10.000 < h < 100.000	FRECUENTE	FRECUENTE
	> 100.000	FRECUENTE	FRECUENTE
ANTERIOR A DIRECTIVA 94/9/CE	< 10.000	IMPROBABLE	OCASIONAL
	10.000 < h < 100.000	REMOTA	PROBABLE
	> 100.000	OCASIONAL	FRECUENTE
POSTERIOR A DIRECTIVA 94/9/CE M1 Y M2	< 10.000	IMPROBABLE	OCASIONAL
	10.000 < h < 100.000	REMOTA	PROBABLE
	> 100.000	OCASIONAL	FRECUENTE

El siguiente paso será la asignación, en función de lo indicado en la columna Relevante de las tablas de identificación de fuentes de ignición, de la “Efectividad” de cada fuente dependiente de la atmósfera explosiva con la que interactúa, junto a las razones que provocan esta efectividad.

En los ejemplos que se detallan al final de esta guía se incluyen las tablas de identificación de peligros de explosión para distintas tareas mineras analizadas.

### 6.3 ESTIMACIÓN DEL RIESGO

En principio, la estimación de riesgos debe realizarse sucesivamente para cada riesgo de explosión identificado por determinación de los elementos que se detallan a continuación.

En términos de seguridad frente a explosiones los riesgos se componen de dos elementos:

- a) La **severidad** del posible daño.
- b) La **probabilidad** de que dicho daño suceda.

La severidad de una explosión puede ser caracterizada, sin embargo, la probabilidad de que suceda es más difícil de cuantificar.

Los riesgos se expresan de tres formas:

- **Cualitativamente**, por ejemplo como; alto, medio, bajo, tolerable, intolerable o aceptable.
- **Cuantitativamente**, calculando la probabilidad de que suceda un determinado evento.
- **Semicuantitativamente**, donde los elementos del riesgo como están dados mediante una puntuación numérica resultado de la combinación de algunas formas de valoración semicuantitativa, que permite que los riesgos sean clasificados.

En muchas situaciones no es posible determinar exactamente todos los factores que afectan al riesgo, en particular aquellos que contribuyen a la probabilidad de que un determinado suceso ocurra. Estos riesgos se expresan normalmente de forma cualitativa y no cuantitativa.

La severidad puede ser expresada en niveles definidos en términos de daños a la salud de las personas o de daños a los sistemas, estos niveles pueden ser:

- Daños catastróficos
- Daños mayores
- Daños menores

- Daños insignificantes

Para estimar la frecuencia de cada riesgo de explosión, podemos aplicar una técnica de investigación que determine la probabilidad de cada suceso peligroso. La frecuencia de ocurrencia puede ser expresada cualitativamente como:

- Frecuente
- Probable
- Ocasional
- Remota
- Improbable

Esta probabilidad deberá ser función de las dos probabilidades de las que procede, probabilidad de presencia de atmósferas explosivas y probabilidad de presencia de fuentes de ignición efectivas. En la tabla de identificación de riesgos de explosión ya se han asignado estas probabilidades a cada uno de estos dos sucesos. De esta manera, la probabilidad de presencia del riesgo de explosión vendrá dada mediante una tabla similar a la tabla 6.6.

**Tabla 6.6 Asignación de probabilidad del riesgo de explosión**

		PRESENCIA DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS				
		IMPROBABLE	REMOTA	OCASIONAL	PROBABLE	FRECUENTE
PRESENCIA DE FUENTES DE IGNICIÓN	IMPROBABLE	IMPROBABLE	IMPROBABLE	IMPROBABLE	REMOTA	OCASIONAL
	REMOTA	IMPROBABLE	REMOTA	REMOTA	OCASIONAL	PROBABLE
	OCASIONAL	IMPROBABLE	REMOTA	OCASIONAL	PROBABLE	FRECUENTE
	PROBABLE	REMOTA	OCASIONAL	PROBABLE	PROBABLE	FRECUENTE
	FRECUENTE	OCASIONAL	PROBABLE	FRECUENTE	FRECUENTE	FRECUENTE

Las definiciones de los diferentes niveles y frecuencias de la severidad se recogen en la tabla 6.7.

**Tabla 6.7: Estimación de la severidad de la explosión**

SEVERIDAD		
DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN DEL SUCESO	LOCALIZACIÓN
CATÁSTROFE	Se prevén Muertes o pérdida de sistemas	Existencia de trabajadores en la localización de la explosión
MAYOR	Se prevén Daños severos, accidentes laborales graves o daños graves al sistema	Existencia de trabajadores cercanos a la localización de la explosión <u>sin existencia de barreras de protección</u>
MENOR	Se prevén Daños menores, accidentes laborales leves o leves daños al sistema	Existencia de trabajadores cercanos a la localización de la explosión <u>con existencia de barreras de protección</u>
INSIGNIFICANTE	Se prevé Nivel inferior a daños menores, incidente laboral o daños insignificantes al sistema	Existencia de trabajadores alejados en otros lugares del interior de la explotación o no existencia de trabajadores en el interior de la explotación

El enlace entre la probabilidad asignada al suceso explosión y la severidad forman la matriz Severidad-Frecuencia mostrada en la tabla 6.8.

Los cruces correspondientes de dicha matriz se identifican como A, B, C y D.

Estos niveles de riesgo representan una escala que permite evaluar en que ocasiones serán necesarias medidas adicionales de seguridad.

Los cruces de la matriz pueden ser:

- **Nivel A de riesgo** .....ALTO NIVEL DE RIESGO
  - **Nivel B de riesgo**
  - **Nivel C de riesgo**
  - **Nivel D de riesgo** .....BAJO NIVEL DE RIESGO
-

**Tabla 6.8: Estimación del riesgo de explosión**

		SEVERIDAD			
		CATÁSTROFE	MAYOR	MENOR	INSIGNIFICANTE
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	FRECUENTE	A	A	A	C
	PROBABLE	A	A	B	C
	OCASIONAL	A	B	B	D
	REMOTO	A	B	C	D
	IMPROBABLE	B	C	C	D

#### 6.4 VALORACIÓN DE RIESGOS

Una vez han sido estimados todos los riesgos de explosión identificados, debe llevarse a cabo la valoración de éstos para determinar en cuales de ellos se requiere la aplicación de una técnica de reducción de riesgos, o por el contrario, en cuales ya existe una seguridad adecuada.

Es evidente, que si el riesgo resulta de nivel A este riesgo será demasiado alto e intolerable, y por tanto se requerirán medidas de reducción de riesgos adicionales. De la misma forma, el nivel de riesgos D puede considerarse suficientemente aceptable y requerir unas medidas de seguridad menores.

De esta manera podemos definir cada riesgo de manera que queden establecidos los niveles de acción y temporización de las actuaciones adecuadas. Esta correspondencia se muestra en la tabla 6.9 donde junto a cada asignación del nivel de riesgo aparecen los tipos de acciones que requieren junto con sus periodos de implantación.

**Tabla 6.9: Niveles de acción y temporización**

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

## 6.5 ANÁLISIS DE LAS OPCIONES DE REDUCCIÓN DEL RIESGO

En la práctica, rara vez pueden reducirse los riesgos a cero, excepto claro está, si eliminamos las actividades que los provocan. No obstante, se pueden conseguir importantes reducciones si se aplican las técnicas de prevención y protección adecuadas.

Las opciones más potentes para la reducción de riesgos son aquellas que localizan el evento peligroso que tiene las mayores contribuciones al riesgo total.

Una vez que el riesgo ha sido estimado y evaluado, la fase de análisis de las opciones de reducción de riesgos deberá aportar la decisión final sobre si el riesgo ha sido o no ha sido reducido a un nivel aceptable.

---

Esta decisión incluye puntos de vista tanto tecnológicos como económicos. Si la decisión final es la de que un riesgo no ha sido reducido a un nivel aceptable, entonces el proceso iterativo debe realizarse de nuevo, después de modificar el concepto de seguridad.

Debemos tener en cuenta muchos factores a la hora de analizar las opciones de reducción de riesgos. El más importante es, no obstante, la cantidad de reducción del riesgo que será necesaria para llevarlo a niveles tolerables. Durante este proceso es importante tener en cuenta la efectividad de las distintas opciones de reducción.

En general, en el campo de la seguridad frente al riesgo de explosión, la reducción de riesgos mediante la implantación de medidas preventivas es más efectiva que la instalación de protecciones, tanto a nivel colectivo como individual.

Además, es importante comparar el coste efectivo de las distintas opciones. Se hará un planteamiento de los siguientes puntos, que pueden estar relacionados con las previsiones de eficacia de las acciones que deben ser tenidas en consideración.

Deberán tenerse en cuenta cambios en:

- Coste total
- Productividad
- Eficiencia energética
- Costes de mantenimiento
- Otros costes operacionales

Otros puntos que pueden resultar relevantes al comparar unas opciones de reducción de riesgos con otras son:

- A la hora de seleccionar las alternativas que cumplan con las condiciones particulares exigidas, será importante considerar requisitos de la legislación vigente o de códigos de buena práctica y guías de recomendaciones.

- Duración esperada del riesgo, en las ocasiones en las que éste suceda durante un corto periodo de tiempo, puede que no sea apropiada una protección diseñada para funcionar de manera continua.

En la mayoría de los casos, es improbable que una opción de reducción de riesgos constituya una completa solución para un problema particular. La evaluación de riesgos de las tareas se mejorará sustancialmente si se aplica una combinación de opciones de reducción de riesgos. De esta forma, la fase de análisis se convierte en una fase de gestión de los riesgos de explosión.

Después de haber tomado todas las medidas necesarias para reducir la probabilidad y consecuencias de cada riesgo concreto, es necesario acabar con los posibles riesgos residuales. Los riesgos residuales aparecen cuando la reducción de riesgos mediante el diseño apropiado o mediante la aplicación de técnicas de protección no es totalmente efectiva. Los trabajadores deben ser informados de estos riesgos residuales a través de instrucciones y avisos.

## **7 ELIMINACIÓN O REDUCCIÓN DE LOS RIESGOS ENCONTRADOS**

Las medidas de prevención y protección contra explosiones son todas las medidas que previenen la formación de atmósferas explosivas, evitan su ignición o mitigan sus efectos, de tal forma que no resulten peligrosas.

Según esto tenemos dos principios básicos para la eliminación y minimización del riesgo de explosión.

### **a) Prevención**

- Evitar atmósferas explosivas.

Podemos conseguir este objetivo de una forma amplia mediante la variación de la concentración del nivel de grisú o del polvo de carbón presente a un valor fuera del rango de ignición.

- Evitar fuentes de ignición efectivas.

Esto se puede conseguir mediante un diseño adecuado de los equipos, sistemas de protección y componentes o mediante la

desenergización de los equipos que contienen fuentes de ignición cuando existe una concentración explosiva.

## **b) Protección**

- Limitar a un nivel aceptable los efectos de la explosión. Esto puede lograrse adoptando medidas de protección cuya finalidad sea la extinción de la explosión.

La eliminación o minimización de los riesgos podrá conseguirse aplicando alguno de los principios básicos indicados anteriormente de forma individual o en conjunto.

La primera elección debería ser siempre la de evitar la atmósfera explosiva.

A mayor posibilidad de aparición de atmósferas explosivas, mayores serán las medidas a tomar para evitar fuentes de ignición efectiva y viceversa.

Para permitir una adecuada selección de las medidas a adoptar, se debe desarrollar un estudio de seguridad frente a la explosión para cada riesgo individual.

En el plan de medidas para la prevención y protección de explosiones, se considerará la operación normal, incluyendo las operaciones de puesta en marcha y parada. Además, deben tenerse en cuenta, posibles fallos y malos usos de equipos (ver EN 292-1:1991 “Seguridad en las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño”). La aplicación de las medidas para la prevención y protección de explosiones requiere un conocimiento minucioso de los procesos mineros y mucha experiencia. Por ello es aconsejable acudir al asesoramiento de expertos.

La filosofía de la prevención y protección de explosiones está basada en una serie de actuaciones, escalonadas de forma lógica, en las que se analiza un efecto buscando su causa. Por su parte, los efectos están jerarquizados, igual que en un árbol de fallos, de manera que cada efecto se convierte en causa del efecto siguiente y, a su vez, es consecuencia de no haber eliminado la causa que produjo el efecto anterior.

## 7.1 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

Para que la explosión tenga lugar, deben cumplirse varias condiciones básicas que constituyen el conocido triángulo del riesgo de explosión (combustible, fuente de ignición y aire u oxígeno (figura 7.1)). Para prevenir la explosión hay que actuar sobre las tres aristas del triángulo o componentes del riesgo. Estas a su vez, se descomponen en sucesos o efectos anteriores, por ejemplo, la componente “combustible” significa que existe grisú o polvo combustible, con un tamaño de partícula suficientemente pequeño y con una concentración comprendida entre unos límites.



Figura 7.1 Triángulo del fuego

Las primeras medidas de prevención deben aplicarse a sucesos elementales y a partir de ellos se estructura todo el conjunto de medidas preventivas, llegando incluso a cuestionarse algo tan elemental como es el hecho de sí es necesario que una tarea se desarrolle de una determinada manera o de otra. De esta forma, se desarrolla la filosofía de la prevención de explosiones, que en términos generales podría expresarse por etapas a través del planteamiento de las siguientes cuestiones básicas.

### **¿Se puede evitar la presencia de grisú, de polvo de carbón o de otros productos peligrosos?**

En minería subterránea la mayor parte de las veces no será posible, pero si se trata de un producto secundario o aditivo, tal vez sea posible encontrar otro producto que, cubriendo las mismas necesidades, no sea tan sensible a la

ignición. En minería subterránea la variedad de productos peligrosos utilizados NO generados en las propias labores mineras es muy limitada, podemos mencionar los aceites lubricantes, los combustibles utilizados en las máquinas o el hidrogeno generado en las salas de carga de baterías.

### **¿Existen otros métodos alternativos?**

En ocasiones es posible encontrar métodos de desarrollo de las tareas o métodos de explotación que produzcan menos cantidad de grisú o de polvo de carbón.

### **¿Puede evitarse la acumulación de gas o de polvo?**

Con frecuencia, es fácil encontrar simples modificaciones geométricas que disminuyan las acumulaciones de polvo y, en cualquier caso, se debe pensar en un sistema adecuado de captación de polvo o establecer una rutina de limpieza que evite la formación de depósitos de polvo. En cuanto al gas, debe intentarse en la medida de lo posible no dejar ninguna zona sin la suficiente ventilación, y si esto no es posible o simplemente no es rentable, tenerlo en cuenta de manera prioritaria.

### **¿Puede prevenirse su dispersabilidad?**

Cuando la captación de polvo es insuficiente y la frecuencia de las operaciones de limpieza no puede aumentarse sin disminuir la productividad, es posible controlar los depósitos de polvo mediante aditivos aglutinantes que logran su aglomeración o recubren la superficie de las partículas, dificultando su capacidad de formar una nube de concentración explosiva. En lo referente al gas, prevenir la dispersión de una nube formada es más complicado y las medidas deben ir encaminadas a reducir su concentración.

### **¿Puede prevenirse la ignición de la nube primaria?**

Además de las actuaciones que se hagan en la **arista “fuente de ignición” del triangulo de riesgo, que se considerarán en el capítulo 9**, se pueden llevar a cabo otras medidas preventivas, denominadas habitualmente como Inertización, encaminadas a impedir la iniciación del proceso de explosión: se puede inertizar la atmósfera, reduciendo el porcentaje de oxidante (arista “aire

u oxígeno” del triángulo) o se puede inertizar el propio polvo combustible mezclándolo con un producto no combustible (inerte) que asegure la imposibilidad de la ignición.

A continuación se tratarán con más detalle todos estos aspectos.

## **7.2 SUPRESIÓN O REDUCCIÓN DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS**

Podemos conseguir la eliminación o reducción de las atmósferas explosivas a través de dos vías.

1. Variación de los parámetros de las sustancias inflamables (concentración, granulometría, etc.).
2. Diseño y construcción de equipos que pueden contener en su interior atmósferas explosivas.

### **7.2.1 Variación de los parámetros de proceso**

#### *Sustitución de sustancias inflamables*

La formación de atmósferas explosivas peligrosas puede ser prevenida evitando o reduciendo el la aparición de las sustancias inflamables.

Las dos principales sustancias inflamables en minería subterránea son el grisú y los polvos oxidables (la posibilidad de explosiones de polvo no se da exclusivamente en la minería del carbón sino también en otros tipos de minería por la presencia de polvos metálicos), sustancias inherentes al propio proceso minero y, por tanto, sin sustitución posible. En los procesos con polvo, a veces es posible incrementar el tamaño de partícula, de forma que la mezcla explosiva no pueda formarse. Además deberemos prestar atención a que la mejora de los procesos no conlleve una disminución en el tamaño de partícula, por ejemplo, a través de la abrasión. En labores con desorción continua de grisú es aconsejable trabajar en sobrepresión en los fondos de saco para dificultar la desorción al interior de las galerías en explotación.

Aún así, también es posible que se generen atmósferas explosivas por las sustancias que manejan determinadas máquinas, como combustibles y aceites minerales para lubricación. En este caso, por ejemplo, el aceite mineral para la

lubricación de máquinas se puede sustituir por emulsiones de agua-aceite en aplicaciones de rozamiento hidráulico.

Por último, en minería subterránea existe otro caso especial de generación de un gas combustible propenso a la formación de atmósferas explosivas. En la sala de carga de baterías es posible la acumulación por encima del límite inferior de explosividad del hidrógeno que se forma en el proceso de carga. Por tanto, deberán tenerse en cuenta a este respecto las prescripciones que establece el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera en la ITC:09.0.08 (Octubre,1985) e incluir en el Plan de Prevención contra explosiones las medidas adoptadas.

#### Limitación de la concentración

Puesto que no es posible evitar la aparición del grisú o del polvo, sustancias capaces de formar atmósferas explosivas, se limitará la formación de cantidades peligrosas en las labores, fuera y dentro de los equipos, sistemas de protección y componentes controlando la concentración de éstas sustancias.

Si las concentraciones inherentes al proceso no están lo suficientemente alejadas del rango de explosión, éstas deberán ser medidas y controladas. Cada sistema de medida como, por ejemplo, los detectores de gas o detectores de flujo, deben estar acoplados a una alarma, a un sistema de protección o a otras funciones automáticas de emergencia.

Al adoptar las medidas de control, la concentración de las sustancias inflamables debe mantenerse suficientemente por debajo del límite inferior de explosividad. Dentro de los equipos, por ejemplo, en las conducciones de aspiración de la ventilación, la concentración de metano debe estar suficientemente alejada del rango de explosión. Se deberán tomar precauciones adicionales para minimizar los riesgos durante la puesta en marcha y la parada de los procesos cuando existen concentraciones cercanas a los límites de explosión.

Los gases y los polvos son explosivos sólo dentro de ciertos límites de concentración en el aire. Bajo ciertas condiciones ambientales de operación, es

posible mantenerse fuera de estos límites. Si se aseguran realmente estas condiciones, no existirá el peligro de explosión.

En minería subterránea es posible mantener la concentración de metano fuera de los límites de explosión si se mantiene una adecuada ventilación. Las prescripciones referentes a ventilación están recogidas en las siguientes ITC del RGNBSNM:

- **ITC: 05.0.01** – Circulación de la corriente de aire (Octubre, 1985)
- **ITC: 05.0.02** – Contenidos límites de metano en al corriente de aire (Octubre, 1985)
- **ITC: 05.0.03** – Minas con grisú u otros gases inflamables. Ventilación secundaria (Marzo, 1986)
- **ITC: 05.0.04** – Conducción de la corriente de aire: Ventiladores principales (Octubre, 1985)
- **ITC: 05.0.05** – Inspección y vigilancia: Gasometría, aforos y libros de ventilación (Octubre, 1985)

El Plan de Prevención contra Explosiones debería incluir los aforos, planos y libro de ventilación a los que se refiere la ITC: 05.0.05 o como mínimo referencias al lugar donde se encuentran.

La limitación de la concentración de polvo puede conseguirse mediante la eliminación de polvo en los lugares de formación, por ejemplo mediante ventilación o mediante rociado de agua, además de por inmovilización de los depósitos de polvo por adición de sustancias higroscópicas. Lugares de formación de polvo en minería subterránea en los que se deben tener en cuenta estas medidas son:

- **Frentes de avance mecanizado**

La tendencia actual en el avance de los subniveles es la aplicación de minadores. En general, la disposición de la ventilación secundaria es aspirante y la instalación obligada de equipos de filtración en la canalización proporciona una protección suficiente contra el polvo, a condición de que la aspiración se realice suficientemente adelantada con relación al puesto de maniobra del

minador. En algunos casos, sin embargo, la ventilación de estas labores es impelente, con lo cual, los niveles de empolvamiento son muy elevados, debido a la baja eficiencia de los sistemas de riego de que están dotados los útiles de corte de estos equipos.

- **Frentes de avance convencional**

En ocasiones, el carácter derrabable de las capas dificulta el avance mecanizado, aplicándose en este caso medios convencionales para el arranque y carga del mineral. Entre estos medios, se encuentra el disparo parcial con explosivos, el arranque con martillo picador y el disparo con aire comprimido a alta presión y, en todos los casos, la carga del mineral con escrapper. Se producen niveles elevados de empolvamiento con la utilización del martillo picador, con el disparo con aire comprimido a alta presión y con el arrastre de la cuchara del escrapper en su movimiento violento sobre el material, que es conveniente reducir.

- **Perforación de barrenos**

Para provocar el hundimiento del macizo se utiliza bien el disparo con explosivos o con aire comprimido a alta presión. En ambos casos, se realizan barrenos en el mineral, ascendentes y de longitud proporcionada a la altura del macizo a hundir. En algunos casos, la perforación de estos barrenos no es posible realizarla con barrido de agua, lo cual de lugar a importantes cantidades de polvo.

- **Hundimiento del macizo**

El hundimiento del macizo de mineral constituye un foco importante de polvo, especialmente cuando se trata de mineral seco. La movilización del mineral hundido por el disparo y los auto-hundimientos frecuentes que se producen durante esta fase producen avenidas muy significativas de polvo esporádicamente.

- **Trasvases de mineral en el transporte**

Los trasvases intermedios de mineral de panzer a cinta deben también ser tenidos en cuenta puesto que también constituyen importantes focos de polvo.

- **Transporte de mineral por los pozos primarios**

El transporte de mineral por los pozos primarios, con pendientes aproximadas de 35º, se realiza por gravedad, circulando el material sobre chapas metálicas. La violencia de este tipo de transporte hace que se ponga en suspensión gran cantidad de polvo, el cual se incorpora, a través de la instalación de ventilación secundaria, a los diferentes subniveles abiertos.

Las partículas de polvo se separan en filtros, en estos se forman por tanto, acumulaciones de polvo con un importante potencial de fuego o explosión, es importante que estos equipos estén dotados de los adecuados sistemas de prevención y protección. Además es difícil garantizar que las concentraciones de polvo superen el límite superior de explosividad, si no están suficientemente mezcladas, las partículas de polvo se depositarán y caerán en el rango de explosividad.

Por último indicar que realizar el cálculo de la concentración de polvo dividiendo la cantidad total de polvo por el volumen total de las zonas donde se desarrollan las labores conduce generalmente a resultados erróneos. Puede haber concentraciones locales de polvo que difieren ampliamente de los valores calculados de la manera indicada anteriormente y por tanto es necesario una análisis más detallado.

#### Inertización / presurización

Las mezclas de polvo-aire explosivas pueden ser inertizadas mediante la adición de polvo inerte compatible con el polvo existente. En general, para minería de carbón, esto se consigue mediante la adición de la suficiente cantidad de polvo de caliza a los depósitos dispersables de carbón.

#### **7.2.2 Diseño y construcción de equipos que pueden contener en su interior atmósferas explosivas**

Muchos de los equipos utilizados en minería subterránea van a operar en condiciones normales con atmósferas potencialmente explosivas en su interior, caso de los sistemas de ventilación secundaria cuando esta es aspirante.

También consideraremos en este apartado la posibilidad de acumulación de polvo de carbón en los equipos o la penetración al interior de estos de atmósfera explosiva.

Medidas típicas contra este tipo de riesgos es la utilización de sistemas con aparatos presurizados según la norma EN 50016 o la adición de gases inertes (por ejemplo nitrógeno y dióxido de carbono) que previene la entrada de atmósferas explosivas al interior del equipo.

En las primeras fases de diseño de los equipos destinados a trabajar con atmósferas potencialmente explosivas en su interior, los esfuerzos deben ir dirigidos a lograr que las sustancias se mantengan permanentemente dentro de sistemas cerrados y fuera de los rangos de explosión, por ejemplo los sistemas de drenaje del grisú, los sistemas de extracción del polvo y los tanques de combustible. Como regla general, para polvos, la ventilación sólo proporciona una protección suficiente si se extrae el polvo del lugar en el que aparece (extracción local) y si se impide, de una manera fiable, que se formen depósitos peligrosos de polvos combustibles.

Se deben prever las emisiones de polvo de los equipos abiertos en funcionamiento normal (por ejemplo, en los puntos de transferencia entre panceres o entre cintas y en las aberturas de inspección y limpieza de captadores de polvo). La protección se consigue protegiendo convenientemente las zonas de dispersión mediante capotas o elementos similares o mediante la instalación de lanzas de agua.

Como complemento se debería prestar una atención especial a los siguientes puntos:

- Los sistemas de transporte de carbón, deben diseñarse teniendo en cuenta la minimización de la dispersión de polvo de carbón, principalmente considerando el trazado de las pendientes, la velocidad de circulación y la rugosidad de las superficies.
- Las superficies horizontales de los elementos estructurales, las canalizaciones de cables, y cualquier espacio muerto de los equipos que durante su trabajo puedan acumular capas de polvo, se deben reducir al

mínimo. Esto se puede conseguir en la medida de lo posible, por ejemplo, seleccionando elementos estructurales que ofrecen superficies menos propensas a los depósitos mediante recubrimientos o inclinando las superficies en las que es inevitable el depósito de polvo. Creando superficies lisas, se puede evitar al menos en parte, la adhesión de polvo y se puede facilitar la limpieza. Finalmente es conveniente la utilización de colores de contraste que hacen más visibles los depósitos de polvo.

- Deben adoptarse disposiciones apropiadas para facilitar la limpieza, por ejemplo, buena accesibilidad a los lugares de las acumulaciones, instalación de sistemas de aspiración centralizados, aspiradores móviles. Se debe prestar especial atención a la evacuación de polvo de las superficies calientes (por ejemplo, canalizaciones, equipo eléctrico, etc.).

Hasta aquí las etapas o medidas puramente preventivas. Pero ¿Qué ocurre si no se cumplen y se llega a producir la ignición? ¿Puede hacerse algo más?, las respuestas las aportan las siguientes fases, que corresponden a lo que se suele denominar medidas de protección:

### **¿Puede extinguirse la ignición de la nube de polvo?**

Si esta se detecta en un tiempo suficientemente corto desde su inicio, es posible poner en funcionamiento un sistema de supresión que actúe con rapidez, extinguendo la ignición en sus momentos iniciales. Se impide así que se propague la explosión y afecte a más zonas. En minería subterránea este es el caso de las barreras tanto activas como pasivas.

### **¿Es posible limitar sus efectos?**

Puede conseguirse que la explosión se desarrolle “de forma segura” si se evita que continúe la propagación de ésta. Para ello existen diferentes metodologías o conceptos de protección que tienen mayor, menor o ninguna aplicabilidad a minería subterránea. Algunos de estos métodos que pueden ser aplicables son, el aislamiento de secciones mediante compartimentación o el diseño constructivo resistente a la presión para soportar los efectos de explosión.

---

## 7.3 SISTEMAS DE PROTECCIÓN FRENTE A LA EXPLOSIÓN

### 7.3.1 Barreras activas

Los sistemas de supresión de explosiones (por ejemplo, las instalaciones de extinción automática de la explosión) deberán contar con un sistema de detección automática de la llama con unidad de accionamiento y unidad de extinción con reserva de agente extintor con sus correspondientes pulverizadores. El contenido de las reservas de agente extintor debe ser inyectado rápidamente en el área de explosión y distribuido de la forma más uniforme posible.

En estos sistemas, la energía necesaria para la dispersión del agente extintor es independiente de la energía de la explosión. La activación del sistema puede así producirse rápidamente, bastando una simple inflamación de grisú, reduciéndose los inconvenientes del sistema pasivo en gran medida.

Por otra parte, con una eficacia extintora similar a la de una barrera pasiva, ocupan menos espacio que ésta. Puede, por tanto, ser más fácil de instalar en labores obstruidas.

Se han desarrollado diferentes tipos de barreras activas:

- Sistema SMRE en el Reino Unido,
- Sistema TREMONIA en Alemania,
- Sistema BVS en Alemania,
- Sistema Belga.

### 7.3.2 Barreras pasivas

Las barreras de extinción se deben diseñar para prevenir la propagación de la explosión a otras galerías o a otras zonas subterráneas además de ser efectivas a lo largo de toda la sección de galería.

En estos sistemas, la onda de explosión reparte por la galería una cantidad de polvo estéril o de agua suficiente para apagar la llama de explosión.

Se recomienda la utilización de este tipo de barrera cuando se realizan trabajos en el fondo de saco, siendo preferiblemente de agua y con una distribución lo

más repartida posible, dando mejor resultado de esta forma que si, por el contrario, concentramos todas las barreras en las mismas zonas.

En las barreras pasivas la onda de explosión es la que dispersa el agente extintor en la galería. Para que la dispersión sea eficaz la onda debe ser suficiente, con una presión dinámica superior a 5 kPa.

Cuando, por ejemplo, en las galerías con avance mecánico, los primeros recipientes de una barrera pasiva se encuentran lejos del frente, puede ser necesario colocar en la labor, con objeto de tener una protección más cerca del frente, medios suplementarios como por ejemplo barreras activas.

En la actualidad existen dos proyectos de norma que establece las características que deben cumplir las barreras de agua utilizables en minería subterránea.

- prEN 14591-2. Explosion prevention and protection in underground mines – Protective systems – Part 2: Passive water trough barriers.
- prEN 14591-3. Explosion prevention and protection in underground mines – Protective systems – Part 3: Water troughs for explosion barriers. (esta norma describe los tipos de barreras de agua tanto activas como pasivas).

### **7.3.3 Estructuras de ventilación para la protección contra explosiones**

Las estructuras de ventilación para la protección contra explosiones, incluyendo compuertas de ventilación y otros elementos de cierre que compartimentan zonas, deben soportar el impulso de la presión de explosión sin sufrir daños en su función. Estas estructuras de ventilación deben asegurar que, después de una explosión, la evacuación y rescate del personal es posible y que los efectos de las explosiones son por lo menos reducidos.

En la actualidad existe un proyecto de norma europea que especifica las condiciones que deben cumplir estas estructuras para una presión de explosión de hasta 2 bar.

- EN 14591-1:2004/AC: 2006. Explosion prevention and protection in underground mines – Protective systems – Part 1: 2-bar explosion proof ventilation structure.

## **8 CLASIFICACIÓN EN CONDICIONES ATMOSFÉRICAS PELIGROSAS**

La clasificación de áreas es un método de análisis y clasificación del entorno en el que puede aparecer una atmósfera de gas explosiva o bien mezclas explosivas de polvo/aire, y así facilitar la correcta selección e instalación de equipos para ser utilizados con seguridad en el entorno.

Es difícil garantizar que nunca va a aparecer una atmósfera de gas explosiva, mezclas polvo/aire o capas de polvo combustible. También es difícil asegurar que los aparatos nunca pueden ser una fuente de ignición. Por lo tanto, en los casos donde existe la probabilidad de que aparezcan estas condiciones peligrosas la confianza debe depositarse en el uso de aparatos que tengan una probabilidad baja de originar una fuente de ignición. Cuando la probabilidad de formación de situaciones peligrosas sea más pequeña, podrán utilizarse aparatos contruidos con normas o exigencias menos rigurosas.

El primer paso consiste en evaluar la probabilidad de esa aparición, conforme a la definición de situación peligrosa que se da en la norma UNE-EN 1127-2:2002. Una vez conocidas la existencia de esa situación peligrosa, la ventilación y otros factores que afecten al tipo y extensión del área afectada, hay una base firme para determinar la posible presencia de una situación explosiva en las zonas circundantes.

El grisú y el polvo combustible afectan a grandes zonas de las explotaciones de minería subterránea simultáneamente, siendo muy difícil separar los peligros originados por una atmósfera de gas de los originados por una atmósfera de polvo. Por tanto, las medidas de prevención y protección frente a la explosión deberán cubrir los peligros derivados del grisú así como los originados por polvos combustibles.

Dados los posibles efectos catastróficos producidos por explosiones subterráneas de grisú/polvo, las labores subterráneas sólo deben desarrollarse fuera de los límites de explosividad. Es una práctica común en todos los países miembros de la Unión Europea utilizar, como elemento de seguridad, el corte de la alimentación de energía de los equipos y evacuar a los mineros de sus

puestos de trabajo en el caso en que las condiciones atmosféricas se aproximen a un determinado porcentaje del valor del límite inferior de explosión (LIE) definido en cada legislación nacional.

Durante la ejecución normal de las labores no deben superarse los límites de concentración admisible establecidos en la legislación. Esto se asegurará mediante el diseño y organización de las labores dimensionando el caudal de ventilación natural y los niveles de ventilación secundaria de forma adecuada.

Aún así, el contenido límite de grisú en el interior de las explotaciones puede ser sobrepasado de forma local en determinados momentos bajo condiciones anormales. Las atmósferas potencialmente explosivas producidas de esta forma y eliminadas mediante la corriente de ventilación pueden extender el peligro a otras partes de la mina en función del recorrido que tenga el grisú hasta que sea completamente diluido.

Las labores subterráneas donde no sea probable la formación de atmósferas potencialmente explosivas se clasificarán como no peligrosas. Esto incluye, de forma general, los pozos de entrada de aire limpio y las labores con ventilación continua en las áreas próximas a estos.

**En terminología minera la palabra “zona” no se utiliza**, esto se hace de forma intencionada, ya que dicho concepto es usado para definir un espacio de dimensiones específicas alrededor de una instalación industrial.

Según la norma UNE-EN 1127-2 los emplazamientos peligrosos se clasifican como sigue:

- **Condición peligrosa 1** (atmósferas explosivas): partes subterráneas de minas e instalaciones asociadas de superficie de dichas minas expuestas al grisú y/o polvos inflamables.

Estas situaciones incluyen las labores donde la concentración de grisú está dentro de los parámetros de explosión, por ejemplo, como resultado de un mal funcionamiento (avería de los ventiladores), emisión repentina de grandes cantidades de grisú (desprendimientos de gas) o incrementos en la emisión de gas (debido, por ejemplo, a la disminución de la presión del aire o el aumento de arranque de carbón).

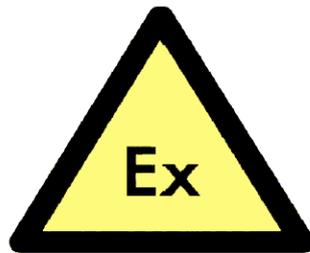
- **Condición peligrosa 2** (atmósferas potencialmente explosivas): partes subterráneas de minas e instalaciones asociadas de superficie de dichas minas que probablemente puedan estar expuestas a grisú y/o polvos inflamables.

Estos emplazamientos incluyen las labores subterráneas donde la concentración de grisú en la corriente de ventilación esta fuera de los parámetros de explosión.

Una vez efectuada la clasificación en condiciones atmosféricas peligrosas de las labores ya se está en disposición de seleccionar los equipos que van a operar en esos lugares en función de su categoría.

### 8.1 MARCADO DE LUGARES PELIGROSOS

Se recoge a modo de recomendación la señal de peligro que la Directiva 1999/92/CE exige a los empresarios para que marquen los puntos de entrada en lugares donde puedan originarse atmósferas explosivas en concentraciones tales que supongan un riesgo para la salud y seguridad de los trabajadores.



**Figura 8.1 Zona de riesgo con atmósferas explosivas**

Características distintivas:

- Forma triangular.
- Letras negras sobre fondo amarillo con bordes en negro (la parte amarilla ocupa al menos el 50% del área de la señal).

Pueden añadirse otras indicaciones explicativas.

## 9 REQUISITOS PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE EQUIPOS, COMPONENTES Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN

Los equipos, sistemas de protección y componentes destinados a operar en aquellas labores de minería subterránea en las que se haya determinado la presencia de grisú deben ser diseñados y construidos de acuerdo a los requisitos exigidos al Grupo I y especificados en la Directiva 94/9/CE.

Cuando se utilizan aparatos, sistemas de protección y componentes en emplazamientos peligrosos, deben realizarse verificaciones periódicas para comprobar si pueden producirse peligros de ignición, considerando las fuentes de ignición descritas en el apartado 5.3 de la norma UNE-EN 1127-2:1997.

Si el peligro de ignición es posible, las fuentes de ignición deberán eliminarse del emplazamiento peligroso.

Las medidas aplicadas deben hacer las fuentes de ignición no peligrosas o deben reducir la posibilidad de que se produzcan fuentes de ignición efectiva. Esto puede conseguirse mediante un diseño y construcción apropiados de los aparatos, sistemas de protección y componentes, mediante procedimientos operativos y también mediante dispositivos de medición y control apropiados.

La amplitud de las medidas de protección depende de la probabilidad de que se produzca una atmósfera explosiva. Esto se consigue seleccionando entre las diferentes categorías de aparatos indicadas en la Directiva 94/9/CE. Estas categorías reflejan los requisitos para las diferentes zonas.

Los criterios que determinan la clasificación en categorías son los siguientes:

**Categoría M1:** Comprende los equipos diseñados y, donde sea necesario, adecuados con medidas adicionales de protección, que son capaces de operar en conformidad con los parámetros de operación establecidos por el fabricante asegurando un NIVEL MUY ALTO DE PROTECCIÓN.

Los equipos de esta categoría están destinados tanto a su uso en las instalaciones interiores de minería subterránea como a su uso en aquellas

zonas de las instalaciones de minería subterránea situadas en superficie, que TIENEN PELIGRO por presencia de grisú o de polvo combustible.

Los equipos de esta categoría DEBEN PERMANECER OPERATIVOS EN PRESENCIA DE UNA ATMÓSFERA EXPLOSIVA, y se caracterizan por integrar medios de protección contra explosiones que:

- en caso de fallo de una de las medidas integradas, al menos una segunda medida garantiza un nivel de seguridad suficiente; o bien,
- en caso de que se produzcan dos fallos independientes uno de otro, se garantiza un nivel de seguridad suficiente.

**Categoría M2:** Comprende los equipos diseñados para ser capaces de operar en conformidad con los parámetros operativos establecidos por el fabricante asegurando un NIVEL ALTO DE PROTECCIÓN.

Los equipos de esta categoría están destinados tanto a su uso en las instalaciones interiores de minería subterránea como a su uso en aquellas zonas de las instalaciones de minería subterránea situadas en superficie, con PROBABILIDAD DE PELIGRO por presencia de grisú o de polvo combustible.

Los equipos de esta categoría DEBEN PODER SER DESENERGIZADOS EN PRESENCIA DE UNA ATMÓSFERA EXPLOSIVA.

Por tanto, también es previsible la existencia de atmósferas explosivas durante el funcionamiento de aparatos de la Categoría M2, ya que el corte de la alimentación quizá no se produzca de manera inmediata. Por consiguiente, es necesario incorporar unos medios de protección que ofrezcan un alto nivel de seguridad. Los medios de protección relativos a los productos de esta categoría ofrecen un nivel de seguridad suficiente durante el funcionamiento normal, incluso en condiciones de funcionamiento más problemáticas, en particular las que se derivan de un uso intenso del aparato y de un ambiente variable.

La relación entre las categorías de equipos del Grupo I y las condiciones atmosféricas peligrosas expuestas en el capítulo 8 se muestran en la tabla 9.1.

**Tabla 9.1: Relación entre categorías y condiciones atmosféricas peligrosas**

Categoría		Diseñado para condiciones atmosféricas	Además aplicable a las condiciones atmosféricas
<b>M1</b>	Grisú y/o polvos inflamables	<b>Condición peligrosa 1</b> (atmósfera explosiva)	<b>Condición peligrosa 2</b> (atmósfera potencialmente explosiva)
<b>M2</b>	Grisú y/o polvos inflamables	<b>Condición peligrosa 2</b> (atmósfera potencialmente explosiva)	

Dependiendo de la categoría, los equipos, sistemas de protección y componentes deben cumplir los siguientes requisitos generales:

**Categoría M2:** No deben ser fuentes de ignición efectivas durante la operación normal ni tampoco en condiciones severas de operación y especialmente en condiciones duras y en condiciones de cambios ambientales.

**Categoría M1:** Además de los requisitos generales para los equipos de la Categoría M2, no den ser fuentes de ignición ni incluso en caso de fallos inusuales.

Evitar las fuentes efectivas de ignición como única medida de seguridad es sólo aplicable si todos los tipos de fuentes de ignición han sido identificados y son evitados totalmente. Los requisitos específicos para evitar los distintos tipos de fuentes de ignición en las condiciones atmosféricas descritas se describen en los apartados 9.1 a 9.13.

Los equipos eléctricos fabricados bajo Directivas anteriores a la Directiva 94/9/CE deberán seguir cumpliendo con los requisitos según los que fueron certificados en su fecha de puesta en el mercado.

Para justificar la utilización de estos equipos en las labores clasificadas en condiciones atmosféricas peligrosas 1 y 2 (UNE-EN 1127-2), se establecerán y justificarán por un técnico competente las relaciones que se presentan en la tabla 9.2 en relación a las categorías de equipos M1 y M2 establecidas para cada una de estas zonas por la Directiva 94/9/CE.

**Tabla 9.2. Adaptación aproximada del modo de protección a la categoría de conformidad**

Modo de protección	Símbolo	Norma UNE-EN	Condición peligrosa de uso	Relación con categorías Directiva 94/9/CE
Envolvente antideflagrante	d	50018	2	M2
Encapsulado	m	50028	2	M2
Seguridad intrínseca (equipos)	ia	50020	1	M1
	ib	50020	2	M2
Seguridad aumentada	e	50019	2	M2
Presurización	p	50016	2	M2
Relleno pulverulento	q	50017	2	M2
Inmersión en aceite	o	50015	2	M2
Simplificado	n <sub>A/C/R</sub>	50021	2	M2

## 9.1 SUPERFICIES CALIENTES

### Identificación

Si una atmósfera explosiva entra en contacto con una superficie caliente, se puede producir la ignición. No sólo la propia superficie caliente puede actuar como fuente de ignición, sino que una capa de polvo o un sólido combustible en contacto con una superficie caliente e inflamada por esta superficie, puede actuar también como fuente de ignición de una atmósfera explosiva.

La capacidad de una superficie caliente de producir la ignición del grisú depende del tipo y concentración de metano en la mezcla con el aire, de la misma forma, la capacidad de una superficie caliente de producir la inflamación de una capa de polvo de carbón sobre tal superficie depende del tipo de carbón, su granulometría y el espesor de la capa.

Esta capacidad se hace más grande a medida que aumenta la temperatura y la extensión de la superficie. Además, la temperatura que inicia la ignición depende del tamaño y de la forma del cuerpo caliente, del gradiente de concentración en la proximidad de la superficie y, hasta cierto punto, también de la superficie del material. Así, por ejemplo, una atmósfera explosiva de gas en el interior de envolventes calientes de dimensiones notables (alrededor de 1 litro o más) se puede inflamar por temperaturas superficiales más bajas que las medidas según la norma CEI 79-4 o métodos equivalentes. Por otra parte, en el caso de cuerpos calientes con más superficies convexas que cóncavas, se necesita una temperatura superficial más elevada para producir la ignición; la temperatura mínima de ignición aumenta, por ejemplo, con las esferas y las tuberías, a medida que disminuye el diámetro. Cuando una atmósfera explosiva fluye a lo largo de superficies calientes, se puede necesitar una temperatura más elevada para la ignición, teniendo en cuenta la brevedad del contacto.

Si la atmósfera explosiva permanece en contacto con la superficie caliente durante un periodo de tiempo relativamente largo, se pueden producir reacciones preliminares, por ejemplo, llamas frías, de manera que se forman productos de descomposición más fácilmente inflamables, que pueden provocar la ignición de las atmósferas originales.

Los procesos mecánicos de rozamiento, perforación, etc., pueden dar lugar a temperaturas peligrosas. Estos procesos incluyen también aparatos y componentes que convierten la energía mecánica en calor, es decir, todo tipo de embragues a fricción y frenos mecánicos (por ejemplo de máquinas de elevación). Además, todas las partes móviles de los rodamientos, pasos de ejes, prensaestopas, etc., pueden llegar a ser fuentes de ignición si no están suficientemente lubricados. En las envolventes estancas que contienen partes móviles, la entrada de los cuerpos extraños o el desplazamiento del eje, pueden también provocar fricciones que, a su vez, pueden dar lugar a temperaturas superficiales elevadas, en algunos casos con bastante rapidez.

Para los peligros de ignición debidos a los trabajos de soldeo y corte, ver las prescripciones relativas a llamas y gases calientes.

---

### Requisitos de diseño y construcción

Una vez los peligros producidos por superficies calientes han sido identificados, dependiendo del tipo de atmósfera explosiva existente (grisú y/o polvo combustible) y de la categoría del equipo, sistema de protección y componente deberán comprobarse los siguientes requerimientos:

**Categoría M1:** Las temperaturas de las superficies de todos los equipos, sistemas de protección y componentes que puedan entrar en contacto con atmósferas explosivas no deben sobrepasar, incluso en el caso de fallos infrecuentes en los equipos los siguientes niveles:

- 80 % de la mínima temperatura de ignición del grisú, en grados Celsius. (usualmente se suele tomar la temperatura de 450 °C como máxima temperatura superficial para aparatos del Grupo I)
- 2/3 de la mínima temperatura de ignición de la mezcla polvo/aire considerada, en grados Celsius

Además, la temperatura de las superficies en las que puede depositarse polvo no excederá de los 150 °C, esto deberá asegurarse incluso en los aparatos que presentan fallos infrecuentes.

**Categoría M2:** : Las temperaturas de las superficies de todos los equipos, sistemas de protección y componentes que puedan entrar en contacto con atmósferas explosivas durante el funcionamiento normal, incluso en condiciones de funcionamiento más problemáticas, en particular las que se derivan de un uso intenso del aparato y de un ambiente variable, no deben sobrepasar los siguientes niveles:

- 80 % de la mínima temperatura de ignición del grisú, en grados Celsius. (usualmente se suele tomar la temperatura de 450 °C como máxima temperatura superficial para aparatos del Grupo I)
- 2/3 de la mínima temperatura de ignición de la mezcla polvo/aire considerada, en grados Celsius

Además, la temperatura de las superficies en las que puede depositarse polvo no excederá de los 150 °C.

## 9.2 LLAMAS Y GASES CALIENTES (INCLUYENDO PARTÍCULAS CALIENTES)

### Identificación

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 de llamas conteniendo hollín, se producen también partículas incandescentes. Las llamas, sus productos calientes de reacción y los gases a alta temperatura, pueden producir la ignición de una atmósfera explosiva. Las llamas, incluso las de pequeño tamaño, se encuentran entre las fuentes de ignición más efectivas.

Las perlas de soldadura que se producen durante las operaciones de soldeo o de oxicorte; son chispas de superficie muy grande y por tanto, se encuentran entre las fuentes de ignición más efectivas.

### Requisitos de diseño y construcción

Una vez los peligros producidos por superficies calientes han sido identificados, dependiendo del tipo de atmósfera explosiva existente (grisú y/o polvo combustible) y de la categoría del equipo, sistema de protección y componente deberán comprobarse los siguientes requisitos:

**Categoría M2:** No están permitidas las llamas desnudas para fines de operación ni para otros fines.

De la misma forma, no están permitidos, gases procedentes de llamas (por ejemplo, con propósitos de Inertización) y otros gases calientes a menos que se tomen medidas especiales de prevención como, por ejemplo, restringir la temperatura o eliminar partículas explosivas. Esto se aplica al funcionamiento normal, incluso en condiciones de funcionamiento más problemáticas, en particular las que se derivan de un uso intenso del aparato y de un ambiente variable.

**Categoría M1:** Además de los requisitos para los equipos de la Categoría M2, no deben ser fuentes de ignición ni incluso en caso de fallos inusuales.

### 9.3 CHISPAS DE ORIGEN MECÁNICO

#### Identificación

Durante el proceso de arranque del mineral se generan gran cantidad de chispas de origen mecánico que pueden resultar fuentes efectivas de ignición.

Como resultado de operaciones de fricción, de choque y de abrasión, se pueden desprender partículas de los materiales sólidos implicados en el proceso de arranque y calentarse debido a la energía disipada en el proceso de separación. Si estas partículas se componen de sustancias oxidables, por ejemplo, hierro o acero, pueden sufrir un proceso de oxidación y alcanzar así temperaturas más elevadas. Estas partículas (chispas), pueden producir la ignición de gases combustibles y algunas mezclas polvo/aire (especialmente las mezclas polvo/aire metálico). En el polvo depositado, las chispas pueden iniciar un fuego latente y éste puede ser la fuente de ignición de una atmósfera explosiva.

Se debe tener en cuenta además, la entrada de materiales extraños en los aparatos, sistemas de protección y componentes, por ejemplo, piedras o trozos de metal, capaces de producir chispas.

La fricción por frotamiento, incluso entre metales férreos análogos puede dar lugar a puntos calientes y a chispas que pueden provocar la ignición de atmósferas explosivas.

Los choques en los que están implicados la herrumbre y los metales ligeros por ejemplo, aluminio, magnesio y sus aleaciones, pueden iniciar una reacción aluminotérmica que puede dar lugar a la ignición de atmósferas explosivas.

El choque o fricción de metales ligeros, como el titanio o el zirconio, contra cualquier material suficientemente duro, puede también producir chispas incendiarias, incluso en ausencia de herrumbre.

En las labores de extracción no es posible evitar la producción de chispas de fricción causadas por la herramienta de corte de las maquinas de extracción del mineral cuando cortamos rocas duras con inclusiones de cuarzo o piritas de hierro.

El riesgo de ignición de una posible atmósfera explosiva presente puede ser reducido considerablemente mediante el uso de sistemas de spray de agua montados en la máquina o mediante el adecuado diseño de los elementos de corte. Si el peligro de ignición ha sido identificado y alrededor de la cabeza de corte no existe ningún sistema de spray de agua este debería instalarse, de esta manera el riesgo producido por cualquier chispa producida por el impacto o la fricción de los elementos de corte con el mineral se reducirá. También se reducirá la cantidad de polvo transportable y el aire fresco ayudará a los elementos de corte a diluir el posible gas que se libere en el proceso de extracción. Estos sistemas de spray de agua deben ser monitorizados y enclavados con sistemas de control.

#### Requisitos de diseño y construcción

Si los peligros debidos a la generación de chispas mecánicas han sido identificados, dependiendo del tipo de atmósfera explosiva presente (grisú y/o polvo combustible), la categoría del equipo, sistema de protección o componente deberá seguir los siguientes requisitos:

**Categoría M1:** Los equipos, sistemas de protección y componentes que en el caso de fallos infrecuentes, puedan generar chispas explosivas por fricción, impacto o abrasión no están permitidos.

**Categoría M2:** Los equipos, sistemas de protección y componentes que pueden generar chispas explosivas por fricción, impacto o abrasión durante la operación normal, incluso en condiciones de funcionamiento más problemáticas, en particular las que se derivan de un uso intenso del aparato y de un ambiente variable, deben estar equipados con los elementos de protección que permitan evitar que la fuente de ignición llegue a ser efectiva.

**Ambas categorías:** Sólo se permitirá el uso de metales ligeros para el recubrimiento de las superficies de los equipos, sistemas de protección y componentes cuando:

- el contenido total de ALUMINIO, MAGNESIO, TITANIO Y ZIRCONIO no excede del 15 %.

- el contenido total de MAGNESIO, TITANIO Y ZIRCONIO no excede del 6 %.

Las herramientas manuales para uso en atmósferas potencialmente explosivas se dividen en dos tipos:

- a) Herramientas que pueden provocar una chispa simple cuando son utilizadas (por ejemplo, destornilladores, llaves, martillos, etc.)
- b) Herramientas que pueden provocar una lluvia de chispas cuando se utilizan en los trabajos de separación o molienda.

Si nos encontramos en Condición Peligrosa 1 (atmósfera explosiva), no se deberán utilizar herramientas que generen chispas.

Si nos encontramos en Condición Peligrosa 2 (atmósfera potencialmente explosiva), únicamente serán permitidas las herramientas de acero del tipo a).

Se permitirán las herramientas del tipo b) si se asegura que:

- No hay presencia de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- Los depósitos de polvo han sido eliminados del lugar de trabajo.
- El lugar de trabajo se mantiene húmedo de manera que en el aire no puede dispersarse polvo y además este no puede entrar en incandescencia.

En los procesos de molienda o separación, las chispas producidas pueden viajar grandes distancias y convertirse en partículas incandescentes, por tanto, en las áreas anexas al lugar de trabajo también se deberán tomar medidas de protección contra explosiones.

En muchos casos es posible proteger los metales ligeros de la oxidación recubriéndolos con un baño. Si este baño se realiza con materiales no conductores como plásticos, se deberán tomar precauciones especiales por posibles acumulaciones de electricidad estática. El baño no debe contener altos porcentajes de aluminio.

La probabilidad de generación de chispas mecánicas capaces de producir ignición puede ser reducida, por ejemplo, mediante humectación. Se deben tener en cuenta posibles reacciones con el medio húmedo (por ejemplo,

producción de hidrógeno, en el caso de humectación por agua y utilización de metales ligeros).

Análisis de sucesos ocurridos en la industria y resultados de investigaciones han probado que con bajas velocidades (velocidad  $\leq 1$  m/s) no existe peligro de ignición de mezclas polvo/aire por chispas generadas mecánicamente.

## 9.4 MATERIAL ELÉCTRICO

### Identificación

En el caso de material eléctrico, pueden producirse superficies calientes (véase el apartado 9.1) y chispas eléctricas que constituyen fuentes de ignición. Las chispas eléctricas pueden producirse, por ejemplo:

- al abrir o cerrar circuitos eléctricos
- en las conexiones flojas
- por corrientes parásitas

Debe señalarse que la muy baja tensión (MBT, inferior a 50 V), está concebida para la protección de las personas contra los choques eléctricos y no constituye una medida para la protección contra la explosión. Es decir, tensiones inferiores a 50 V pueden producir aún la energía suficiente para producir la ignición de una atmósfera explosiva.

### Requisitos de diseño y construcción

Si se han identificado peligros debidos al material eléctrico, los aparatos, sistemas de protección y componentes, deben satisfacer los requisitos especificados en la siguiente normativa:

- EN 50014 Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Requisitos generales.
- EN 50016 Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Sobrepresión interna “p”.
- EN 50017 Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Relleno pulverulento “q”.

- EN 50018 Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Envoltorio antideflagrante “d”.
- EN 50019 Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Seguridad aumentada “e”.
- EN 50020 Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Seguridad intrínseca “i”.
- EN 50028 Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Encapsulado “m”.
- EN 50033 Material eléctrico para atmósferas potencialmente explosivas. Lámparas de casco para minas con riesgo de grisú.
- EN 61779 –1 Aparatos eléctricos para la detección y medida de gases combustibles. Parte 1: Requisitos generales y métodos de ensayo.
- EN 61779 –2 Aparatos eléctricos para la detección y medida de gases combustibles. Parte 2: Requisitos de funcionamiento para los aparatos del Grupo I indicando una fracción de volumen de hasta un 5% V/V de metano en el aire.
- EN 61779 – 3 Aparatos eléctricos para la detección y medida de gases combustibles. Parte 3: Requisitos de funcionamiento para los aparatos del Grupo I indicando una fracción de volumen de hasta un 100% V/V de metano en el aire.

Para los equipos de la categoría M1.

- EN 50303 Material del Grupo I, categoría M1 destinado a permanecer en funcionamiento en atmósferas con peligro de grisú y/o polvo de carbón.

Si se consideran peligros por la presencia de electricidad estática.

- Informe CENELEC R044-001.

Si se considera la fiabilidad de los circuitos eléctricos y electrónicos.

- EN 61508.

## 9.5 CORRIENTES ELÉCTRICAS PARÁSITAS, PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN CATÓDICA

### Identificación

Las corrientes parásitas pueden circular en sistemas eléctricamente conductores o por partes de dichos sistemas de las siguientes formas:

- Como corrientes de retorno en instalaciones generadoras de potencia, por ejemplo en las proximidades de locomotoras eléctricas.
- Como consecuencia de un cortocircuito o de una puesta a tierra accidental debido a fallos en las instalaciones eléctricas.
- Como consecuencia de la inducción magnética (por ejemplo, cerca de las instalaciones eléctricas en las que existen corrientes o radiofrecuencias elevadas (véase 9.8).
- Como consecuencia de un rayo (véase 9.7).

Si las partes de un sistema capaz de conducir las corrientes parásitas se desconectan, se conectan o se puentean, incluso en el caso de pequeñas diferencias de potencial, se producen chispas eléctricas y/o arcos que pueden producir la ignición por el calentamiento de dichos conductores producido por la circulación de corriente (véase 9.1)

Si se utiliza la protección contra la corrosión catódica por inyección de una contracorriente, también son posibles los riesgos de ignición mencionados anteriormente. Sin embargo, si sólo se utilizan ánodos de sacrificio, los riesgos de ignición debidos a chispas eléctricas son improbables, salvo si se utilizan ánodos de ALUMINIO o de MAGNESIO, que por tanto no deberán utilizarse.

### Requisitos de diseño y construcción

Si se han identificado peligros debidos a las corrientes eléctricas parásitas y/o a la protección contra la corrosión catódica en función del tipo de atmósfera explosiva, todas las partes conductoras externas de los equipos, sistemas de protección y componentes deben ser conectados equipotencialmente a cada uno del resto de los componentes con conductores de capacidad de transporte

de corriente suficiente y/o, si es posible, conectar a tierra para prevenir arcos y aumentos de temperatura resultado de estas corrientes eléctricas parásitas.

## 9.6 ELECTRICIDAD ESTÁTICA

### Identificación

En determinadas condiciones, se pueden producir descargas de electricidad estática capaces de dar lugar a inflamaciones. La descarga de partes conductoras aisladas y cargadas, puede provocar 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, descargas en haces deslizantes, descargas en conos y descargas en nube.

Las descargas en penacho pueden producir la ignición de casi todas las atmósferas explosivas de gases. No se puede excluir por tanto, la ignición de atmósferas explosivas polvo/aire, por descargas en penacho con energías de ignición extremadamente pequeñas.

### Requisitos de diseño y construcción

Si se han identificado peligros debidos a la electricidad estática en función de la categoría, los aparatos, sistemas de protección y componentes deben satisfacer los requerimientos de las siguientes normativas:

- Para los **aparatos eléctricos** se aplican los requisitos de la norma EN 50014:1997. Estos requisitos se aplican sólo a envolventes plásticas, a partes plásticas de envolventes y a otras partes plásticas expuestas de;
  - equipos eléctricos no fijos,
  - equipos eléctricos fijos con partes plásticas susceptibles de ser limpiados in situ.

En los equipos eléctricos del Grupo I las envolventes de material plástico cuya área proyectada en cualquier dirección sea superior a 100 cm<sup>2</sup>, se diseñarán para que en condiciones normales de uso, mantenimiento y limpieza, el peligro de inflamación por cargas electrostáticas sea evitado.

Este requisito deberá satisfacerse por la adecuada elección del material para que la resistencia de aislamiento, medida de acuerdo al método expuesto en el apartado 23.4.7.8 de la norma EN 50014:1997 no exceda de  $1 \text{ G}\Omega$  a  $(23\pm 2)^\circ\text{C}$  y  $(50\pm 5)\%$  de humedad relativa, o en virtud del tamaño, forma y colocación u otros métodos de protección de modo que no sea probable que se puedan producir cargas electrostáticas peligrosas.

Sin embargo, si el peligro de inflamación no puede evitarse en el diseño, se colocará una etiqueta de advertencia indicando las medidas de seguridad a adoptar en servicio.

Cuando se seleccionen los materiales eléctricos aislantes se tendrá en cuenta que puede ser necesario mantener una mínima resistencia de aislamiento para evitar problemas derivados del contacto con partes plásticas expuestas que estén en contacto con partes activas.

Puede ser necesario aplicar restricciones adicionales a las envolventes plásticas que se utilicen en áreas donde la atmósfera explosiva gaseosa este presente de manera continua o durante largos períodos.

- Para los **aparatos no eléctricos** se aplicarán los requisitos de la norma EN13463-1:2001. Estos requisitos se aplican sólo a las partes no conductoras de los equipos expuestas a atmósferas explosiva y susceptibles de cargas electrostáticas.

Los equipos con superficies que sobresalen en una o más direcciones en  $100 \text{ cm}^2$  para la categoría M1 y M2 deben diseñarse de tal manera que bajo condiciones normales de uso, mantenimiento y limpieza, se evite el peligro de ignición debido a descargas electrostáticas.

Este requisito deberá conseguirse de alguna de las siguientes formas:

- por una selección conveniente del material tal que la resistencia superficial, medida de acuerdo con el método dado en el apartado 13.3.4.7 de la norma EN13463-1:2001 no sea superior a  $1 \text{ G}\Omega$  a  $(23\pm 2)^\circ\text{C}$  y  $(50\pm 5)\%$  de humedad relativa o,

- en virtud del tamaño, forma y disposición, u otros métodos de protección, de modo que el peligro de cargas electrostáticas no sea probable que ocurra. Este requisito puede conseguirse usando el ensayo del Anexo C de esta norma que permite que no se propague la descarga en peine.
- Cuando el material no conductor es un baño de metal conectado a tierra (superficie conductora) el espesor está limitado a menos de 2 mm consiguiendo que no se produzca la propagación de la descarga en peine.

## 9.7 RAYOS

### Identificación

Si el rayo descarga en una atmósfera explosiva, siempre se producirá ignición. Además, también existe la posibilidad de ignición debida a la alta temperatura que alcanzan los elementos que conducen el rayo. Desde el lugar en el que descarga el rayo fluyen corrientes importantes, estas corrientes pueden producir chispas en la proximidad del punto de impacto. Incluso en ausencia de rayos, las tormentas pueden inducir tensiones importantes en los aparatos, equipos de protección y componentes.

### Requisitos de diseño y construcción

Si se han identificado los peligros producidos por rayos, estos deben ser reducidos a un nivel aceptable mediante la aplicación de medidas de protección en superficie para prevenir la transmisión de corrientes procedentes de rayos a los lugares de trabajo subterráneos a través de los equipos que unen exterior con interior de mina como, tuberías, cables eléctricos y no eléctricos, etc.

## 9.8 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS DE RADIOFRECUENCIA (RF), DE $10^4$ HZ A $3 \times 10^{12}$ HZ

### Identificación

Todos los sistemas que producen y utilizan energías eléctricas de alta frecuencia (sistemas de radiofrecuencia) emiten ondas electromagnéticas, por

ejemplo, los emisores de radio o los generadores de RF para secado, soldeo, oxicorte, etc.

Todas las partes conductoras situadas en el campo electromagnético se comportan como antenas receptoras. Si el campo es suficientemente potente y si la antena tiene dimensiones suficientes, dichas partes conductoras pueden producir la ignición de la atmósfera explosiva. La potencia de radiofrecuencia recibida, puede causar, por ejemplo, el enrojecimiento de hilos finos o la generación de chispas durante el contacto o la interrupción de partes conductoras. La energía absorbida por la antena receptora, que puede producir la ignición, depende principalmente de la distancia entre el emisor y la antena receptora, así como de las dimensiones de la antena receptora, para una longitud de onda y una potencia RF dadas.

#### Requisitos de diseño y construcción

Si los peligros producidos por ondas electromagnéticas de radiofrecuencia han sido identificados, se mantendrá una distancia de seguridad en todas las direcciones entre las partes radiantes más cercanas y los receptores aéreos en las atmósferas potencialmente explosivas.

Para los sistemas de transmisión con un efecto direccional, se debería tener en cuenta que la distancia depende de esta dirección principal. Si no se puede mantener esta distancia de seguridad deberán tomarse otros sistemas de protección, como por ejemplo limitar la potencia de salida del transmisor en la medida de lo posible, o apantallar.

Un permiso de operación, relativo al nivel de interferencia electromagnética, emitido, por ejemplo, por los organismos de telecomunicaciones, la correspondiente etiqueta de protección contra radio interferencias o la información sobre el nivel de radio interferencia, no permiten saber si el dispositivo o su campo de radiación conduce a un riesgo de ignición.

Los sistemas de comunicación por cable utilizados normalmente en minería no producen estos peligros ya que la potencia de salida esta limitada para que no puedan producirse arcos.

Se recomienda ver la norma EN 50303 para tener más información sobre los transmisores HF de la categoría M1. Esta norma especifica que la máxima potencia de salida para los transmisores de HF será de 6W. Además estos aparatos deben cumplir con los requerimientos del apartado 9.4, material eléctrico.

## 9.9 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS DE $3 \times 10^{11}$ HZ A $3 \times 10^{15}$ HZ

### Identificación

La radiación en este rango del espectro especialmente cuando está concentrada, puede constituir una fuente de ignición a través de la absorción por las atmósferas explosivas o por las superficies sólidas. En ciertas condiciones, la radiación de fuentes luminosas intensas (intermitentes o continuas), se absorbe de manera tan intensa por las partículas de polvo, que dichas partículas se transforman en fuentes de ignición de atmósferas explosivas o de depósitos de polvo.

### Requisitos de diseño y construcción

Se debe tener en cuenta que los equipos, sistemas de protección y componentes que generan radiación (lámparas, arcos eléctricos, láseres) también pueden ser fuentes de ignición como superficies calientes o aparatos eléctricos.

Si los peligros debidos a Ondas electromagnéticas de  $3 \times 10^{11}$  Hz a  $3 \times 10^{15}$  Hz han sido identificados, dependiendo de la categoría del equipo, sistema de protección y componente, debe seguir los siguientes requerimientos:

**Categoría M2:** Los equipos eléctricos de esta categoría que generan radiación estarán diseñados de manera que:

- a) la energía de la radiación pulsatoria o el flujo de energía (potencia) de la radiación continua, se limite a un valor suficientemente bajo de manera que no pueda provocar la ignición de la atmósfera explosiva o,
- b) la radiación este confinada de forma segura dentro de la envolvente, garantizando que:

- 1) Se ha impedido, de manera segura, cualquier escape de radiación que pueda provocar la ignición de una atmósfera explosiva, proveniente de la envolvente, en el emplazamiento peligroso, y no pueden existir superficies calientes, que puedan provocar la ignición de la atmósfera explosiva en el exterior de la envolvente, debido a la radiación,
- 2) La atmósfera explosiva no puede penetrar en la envolvente, o una explosión dentro de la envolvente no puede propagarse al emplazamiento peligroso.

Esto se debe asegurar en el funcionamiento normal y también en el caso de condiciones de operación más severas.

**Categoría M1:** Además de las exigencias para los equipos de la categoría M2, los equipos se deben diseñar y construir para que puedan ser fuentes de ignición efectivas por ondas electromagnéticas de  $3 \times 10^{11}$  Hz a  $3 \times 10^{15}$  Hz incluso en el caso de fallos infrecuentes de los equipos (ver la norma EN 50303 en referencia al nivel de potencia y a la densidad de flujo permitidas para los equipos de transmisión óptica láser).

**Ambas categorías:** No deben permitirse los dispositivos que puedan provocar la ignición debido a una absorción por resonancia.

## 9.10 RADIACIÓN IONIZANTE

### Identificación

La radiación ionizante 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.

La radiación ionizante puede dar lugar a una descomposición química o a otras reacciones que pueden conducir a la formación de radicales muy reactivos o compuestos químicos inestables. Esto puede provocar la ignición.

### Requisitos de diseño y construcción

Si se han identificado peligros debidos a la presencia de fuentes de radiación ionizante, primeramente deberemos conocer los requerimientos necesarios de estas fuentes como material eléctrico. El requisito exigible a estos equipos es que la energía de la radiación pulsatoria o el flujo de energía (potencia) de la radiación continua, se limite a un valor suficientemente bajo de manera que no pueda provocar la ignición de la atmósfera explosiva.

## **9.11 ULTRASONIDOS**

### Identificación

Cuando se utilizan ondas de ultrasonidos, una gran cantidad de la energía emitida por el emisor electroacústico se absorbe por sustancias sólidas o líquidas. Como resultado, la sustancia expuesta a los ultrasonidos se calienta de tal manera que, en situaciones extremas, se puede producir la ignición.

### Requisitos de diseño y construcción

Si se han identificado peligros debidos a la existencia de ultrasonidos, no se permitirán ondas con una frecuencia de mas de 10 MHz, a menos que, para el caso considerado, esté probado que no existe riesgo de ignición, demostrando que no existe riesgo de absorción debida a una resonancia molecular.

Sólo se deben permitir ondas ultrasónicas si está garantizada la seguridad del procedimiento de trabajo. La densidad de potencia del campo acústico generado, no debe sobrepasar  $1\text{mW}/\text{mm}^2$ , a menos que esté probado, para el caso considerado, que no es posible la ignición.

## **9.12 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 (y de depósitos de polvo). La elevación de la temperatura depende principalmente de la relación de presiones y no de la diferencia de presión.

En los circuitos a presión de los compresores de aire y en los recintos conectados a dichas redes, se pueden producir explosiones debido a la ignición por compresión de nieblas de aceite de lubricación.

Las ondas de choque se producen, por ejemplo, durante la descarga brusca de gases a alta presión en las redes de las canalizaciones. En este proceso, las ondas de choque se propagan en las zonas a menor presión a una velocidad mayor que la del sonido. Cuando dichas ondas se difractan o reflejan en los codos de las canalizaciones, los estrechamientos, las bridas de conexión, las válvulas cerradas, etc., se pueden producir temperaturas muy altas.

Los aparatos, sistemas y componentes que contienen gases fuertemente oxidantes, como oxígeno puro o atmósferas gaseosas con una concentración en oxígeno elevada, pueden constituir una fuente de ignición efectiva por la acción de la compresión adiabática, de las ondas de choque o incluso de simples fugas debido a que los lubricantes, las juntas de estanqueidad e incluso los materiales de construcción se pueden inflamar.

#### Requisitos de diseño y construcción

Si se han identificado peligros debidos a compresiones adiabáticas y ondas de choque, en función de la categoría, los aparatos, sistemas de protección y componentes deben satisfacer los requisitos específicos siguientes:

**Categoría M1:** Los procesos que causen compresiones y ondas de choque que puedan producir igniciones deben ser evitados. Esto se debe asegurar también en el caso de fallos infrecuentes de los equipos. Se deben suprimir por norma las compresiones y ondas de choque peligrosas, por ejemplo, las válvulas entre secciones del sistema donde pueden producirse altas presiones sólo deben ser abiertas muy lentamente.

**Categoría M2:** Los procesos que pueden causar compresiones adiabáticas y ondas de choque que puedan producir igniciones durante la operación normal deben ser evitados.

## **9.13 REACCIONES EXOTÉRMICAS, INCLUYENDO LA AUTOIGNICIÓN DE POLVOS**

### Identificación

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.

Dichas reacciones comprenden las de las sustancias pirofosfóricas con el aire, de metales alcalinos con el agua, de autoignición de polvos combustibles, etc.

Se pueden producir reacciones violentas capaces de entrañar la ignición por el hecho de determinadas combinaciones de materiales de construcción con productos químicos (por ejemplo, la del cobre con acetileno, la de los metales pesados con el peróxido de hidrógeno). Algunas combinaciones de sustancias, especialmente cuando están dispersadas en forma de partículas finas (por ejemplo, aluminio/herrumbre) reaccionan violentamente si se exponen al choque o a la fricción.

### Requisitos de diseño y construcción

Si se han identificado peligros debidos a reacciones exotérmicas, las sustancias con tendencia a la autoignición deben ser evitadas en la medida de lo posible. Si se manejan tales sustancias se tomaran las medidas de protección necesarias para cada caso individual.

Si existe el peligro de autoignición de los minerales y sustancias extraídas, se deberán tomar las medidas de prevención adecuadas, (por ejemplo, eliminación de sustancias, control de las reacciones químicas, ventilación, aislamiento de zonas, minimización de los escapes de aire a través de labores antiguas).

## 10 MODIFICACIÓN DE EQUIPOS

El objetivo de este capítulo es dar recomendaciones para la modificación de los equipos que, habiendo sido ya utilizados, están destinados a continuar utilizándose en las mismas condiciones después de su modificación.

Estas recomendaciones son especialmente importantes si los trabajos de reparación comprenden alteraciones o modificaciones que afectan al modo de protección de los equipos y han sido extraídas de la normativa existente en la actualidad referida a la reparación y revisión del material eléctrico utilizado en atmósferas explosivas, normas UNE 202003-19:2003 (aplicable a emplazamientos industriales) y BS 7924 (aplicable a minería subterránea). Para aparatos no eléctricos no existe ninguna normativa que regule su reparación y revisión para su utilización en atmósferas explosivas tanto en emplazamientos industriales como en instalaciones mineras, en este sentido se tendrán en consideración las prescripciones que recoge el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera en su ITC 02.2.01 Reparación de material Certificado u Homologado y en sus normas de fabricación.

Cuando un usuario necesita efectuar la reparación o revisión de un aparato puede optar por alguna de las siguientes posibilidades:

- a) Que la reparación sea realizada por el fabricante del aparato o por algún organismo designado expresamente por él (algunos fabricantes pueden recomendar que el material sólo sea reparado por ellos mismos).
- b) Que la reparación sea realizada por un organismo reparador independiente competente que tenga los medios adecuados y la autorización necesaria para realizar estos trabajos.
- c) Que la reparación sea realizada por el propio usuario si tiene capacidad y competencia para ello (en este caso usuario y reparador son el mismo organismo).

En caso de reparación o de revisión de los aparatos que hayan sido objeto de una certificación por una tercera parte, puede ser necesario aclarar la situación en cuanto a si el material continúa cumpliendo con el certificado. Asumiendo

---

que las reparaciones y revisiones son llevadas a cabo usando prácticas de buena ingeniería, tendremos que:

- a) Si se utilizan para la reparación y la revisión, los elementos especificados por el fabricante o especificados en la documentación de certificación, se supone que el material está en conformidad con el certificado.
- b) Si se llevan a cabo reparaciones o modificaciones en el material como se detalla en los documentos de certificación, el material estará en conformidad con el certificado.
- c) Si se llevan a cabo reparaciones o revisiones en el material de acuerdo a las distintas normas apropiadas, aunque no se cumpla con a) y b), es improbable que el material sea inseguro aunque no sea completamente conforme con el certificado.
- d) Si se utilizan otras técnicas de reparación o modificación, será necesaria la confirmación, por parte del fabricante y/o de la autoridad certificadora, de sí el material puede continuar siendo utilizado en atmósferas potencialmente explosivas.

### **10.1 NIVELES DE REPARACIÓN**

Para los equipos ATEX modificados después de su primera utilización las Directrices de aplicación de la Directiva 94/9/CE definen los posibles casos que pueden presentarse. A la hora de comparar estas definiciones con las existentes para la Directiva 98/37/CE, se observa que existen ligeras diferencias que pueden llevar a malas interpretaciones en función de que se adopten unas u otras. A todo ello se une que el RGNBSM vigente también establece tres definiciones para los equipos mineros modificados.

A pesar de esta confusión, los tres grupos de definiciones establecidas en estas tres referencias legislativas que hoy en día son de plena aplicación a los equipos de minería subterránea, tienen en común un aspecto fundamental de manera que las tres diferencian los dos siguientes niveles básicos de modificación.

- 1) Que el equipo tras la modificación no haya cambiado en su función, sus prestaciones o sus características, lo que en términos de la Directiva ATEX significa que no se haya modificado ninguno de los Requisitos Esenciales de Seguridad y Salud (RESS) ni la integridad de ningún modo de protección.
- 2) Que el equipo tras la modificación haya cambiado su función, sus prestaciones o sus características, lo que en términos de la Directiva ATEX significa que se haya efectuado una MODIFICACIÓN SUSTANCIAL en el equipo, es decir, que se haya modificado alguno de los RESS o la integridad de algún modo de protección.

En la siguiente tabla se muestra la equivalencia entre los tres grupos de definiciones aplicables respecto a la modificación de equipos de trabajo para seguir siendo utilizados en atmósferas explosivas.

**Tabla 10.1. Equivalencias entre las distintas definiciones de equipo modificado**

<b>NIVEL</b>	<b>ATEX</b> (Definiciones Directrices de Aplicación Directiva 94/9/CE)	<b>MÁQUINAS</b> (Directiva 98/37/CE)	<b>RGNBSM</b> (Definiciones ITC 02.2.01)
<b>1<sup>er</sup> NIVEL:</b> <b>NO SE INTRODUCE MODIFICACIÓN SUSTANCIAL</b>	REACONDICIONADO SIN MODIFICACIÓN SUSTANCIAL	REACONDICIONADO O RENOVADO	REPARACIÓN POR SUSTITUCIÓN
	RECONFIGURADO SIN MODIFICACIÓN SUSTANCIAL		REPARACIÓN POR RECONSTRUCCIÓN
	REPARADO		
<b>2<sup>o</sup> NIVEL:</b> <b>SE INTRODUCE MODIFICACIÓN SUSTANCIAL</b>	REACONDICIONADO CON MODIFICACIÓN SUSTANCIAL	REFORMADO	REPARACIÓN CON MODIFICACIÓN
	RECONFIGURADO CON MODIFICACIÓN SUSTANCIAL		

---

Como se ha visto en la tabla anterior, según la Directiva 98/37/CE un equipo que ha sufrido modificaciones que no hayan cambiado su función, sus prestaciones o sus características se define como Reacondicionado o Renovado, término que englobaría las tres definiciones siguientes de la Directiva 94/9/CE.

**1) Equipo reacondicionado** es aquel cuyo rendimiento ha cambiado con el paso del tiempo (por motivos de envejecimiento, obsolescencia, etc.) y por eso se ha modificado con fines de restauración. En este caso el aspecto externo del equipo se ha modificado y mejorado mediante una operación cosmética o estética después de haberlo comercializado y puesto en servicio, lo que constituye una forma especial de renovación encaminada a la restitución del aspecto externo del producto. Se recuerda que esto puede implicar una modificación de las características electrostáticas. Además también hay que tener en cuenta que el empleo de diferentes materiales o la alteración de las dimensiones externas del equipo pueden afectar negativamente a sus características ATEX. Por ejemplo, puede que una envoltura de plástico ofrezca una protección electrostática mucho menor que una envoltura metálica, o que una capa de pintura modifique su clase térmica.

Es corriente cuando se comercializan equipos de 2ª mano, que se lleven a cabo este tipo de acciones para dar un aspecto renovado al equipo de cara a su venta. Por tanto, el comprador deberá tenerlo en cuenta sabiendo que si estas acciones han variado algún modo de protección de forma sustancial, el equipo debería haber sido reevaluado para establecer sus nuevas características, y si no lo ha sido, deberá reevaluarse. Si por el contrario el reacondicionamiento ocurre sin modificación sustancial, no será necesaria la reevaluación.

**2) Equipo reconfigurado** es aquel equipo usado cuya configuración se ha modificado mediante la adición (ampliación) o sustracción (reducción) de una o más piezas (componentes, subconjuntos como tarjetas o módulos enchufables, etc.). De la misma forma que los equipos reacondicionados si estas acciones no constituyen una modificación sustancial de ningún modo de protección, no será necesaria la reevaluación.

**3) Equipo reparado** es aquel cuya funcionalidad se ha restituido tras un defecto, sin que se hayan añadido nuevas características ni se hayan realizado modificaciones de ninguna otra clase. Por tanto, estas acciones son sin modificación sustancial y equivaldrían a las reparaciones por sustitución y reconstrucción definidas en la ITC 02.2.01 del RGNBSM siguientes.

*Las **reparaciones por sustitución** son las realizadas cambiando las piezas averiadas por repuestos originales o equivalentes montados siguiendo las indicaciones de mantenimiento del fabricante. Se realizarán observando las indicaciones de mantenimiento del fabricante y las características de origen del equipo certificado, identificando correctamente los repuestos y efectuando una correcta ejecución y, en su defecto, las instrucciones o indicaciones del Jefe Eléctrico o Mecánico.*

Este tipo de reparación no introduce modificación sustancial en el equipo y por tanto no será necesaria la reevaluación del equipo y la expedición de un certificado.

En este punto, introducimos las indicaciones que establece la Directiva 94/9/CE acerca de las piezas de recambio. La Directiva define pieza de recambio como cualquier elemento con el que se pretenda sustituir una pieza estropeada o gastada de un producto que previamente se haya puesto en servicio y comercializado en la UE. Si el fabricante de la pieza de recambio original ofrece en su lugar una nueva y diferente (por motivos de progreso técnico, por haberse dejado de fabricar la pieza antigua, etc.), y ésta se utiliza para la reparación por sustitución, no es preciso adoptar ninguna medida para que el producto reparado sea conforme a la Directiva 94/9/CE a menos que se produzca un modificación sustancial al efectuar el recambio.

Ejemplos de este tipo de reparaciones son el cambio en la entrada de un cable en una envolvente atex, el rebobinado de un motor atex, el cambio de un faro en una locomotora, el cambio de una bombilla fundida en el foco de una lámpara de casco, etc.

*Las **reparaciones por reconstrucción** son las realizadas actuando en los componentes de un equipo averiado con el fin de lograr las características*

*iniciales. Estas reparaciones sólo se podrán realizar en talleres expresamente autorizados para ello por la autoridad minera, a menos que sean los propios del constructor del material. Para este tipo de reparación es necesario el certificado de reparación expedido por el taller autorizado, firmado por el Director responsable, en el que consten las reparaciones efectuadas y las comprobaciones que garanticen que el material ha quedado acorde con la norma o normas relativas a su fabricación.*

Ejemplos de este tipo de reparaciones son la soldadura de una grieta en la envolvente metálica de un equipo atex, el ajuste del mecanismo de una puerta de apertura rápida de un cofre de tajo, el ajuste de los índices de actuación de un relé de vigilancia, el desdoblamiento de un bastidor, la recomposición del laberinto de un motor atex, etc.

Por último, a efectos de la Directiva 94/9/CE, modificación sustancial es aquella que afecta a uno o más de los Requisitos Esenciales de Seguridad y Salud (por ejemplo, la temperatura) o a la integridad de un tipo de protección (tal y como se definen en la norma EN 50014). Respecto a las definiciones dadas por la Directiva Máquinas esta se correspondería con la de equipo Reformado e igualmente equivaldría a la reparación por modificación definida en la ITC 02.2.01 del RGNBSM siguiente.

*Las **reparaciones con modificación** son las que se realizan sobre un equipo averiado modificando las características del prototipo. Estas deben realizarse siguiendo las siguientes indicaciones:*

*a) Cualquier modificación que desee introducir el usuario un equipo, que posea prototipo certificado, deberá ser comunicada a la Subdirección General de Minas a efectos de que determine si precisa nueva certificación.*

*c) La solicitud deberá ir acompañada de una Memoria que recoja los cambios pretendidos y los certificados y/o informes del Laboratorio Oficial acreditado sobre el grado en el que las modificaciones afecten al cumplimiento de la norma.*

En este caso, y por exigencia de la ITC 02.2.01, es necesario el certificado de reparación expedido por el taller autorizado, firmado por el Director responsable, en el que consten las reparaciones efectuadas y las comprobaciones (efectuadas por Organismo Notificado) que garanticen que el material ha quedado acorde con la norma o normas relativas a su fabricación.

Ejemplos de este tipo de reparaciones son la modificación de los componentes internos de un cofre de tajo, el cambio del tipo de bobinado de un motor atex, la ejecución por mecanizado del acoplamiento de una entrada de cable en una envolvente atex, los intercambios de focos o de baterías de distintos tipos de lámpara de casco certificada, etc.

Según la Directiva 94/9/CE siempre que se realice una modificación sustancial en el equipo se aplicará la Directiva y por tanto, para que el equipo se encuentre en situación legal será necesaria la reevaluación de la Conformidad según la Directiva 94/9/CE por parte de un Organismo Notificado.

## **10.2 REQUISITOS PARA EL FABRICANTE**

El fabricante debe elaborar y poner a disposición del usuario la información suficiente con relación a la utilización para la cual el material ha sido diseñado y ensayado, y todas las condiciones necesarias para garantizar que, utilizado y mantenido en las condiciones previstas, el material no introduce riesgos para las personas y los bienes.

En este sentido, el fabricante debe facilitar al usuario la información necesaria para efectuar la reparación, que debe comprender al menos:

1. Los certificados con que cuente el material y sus componentes y subconjuntos.
2. El rendimiento y las condiciones para su uso adecuado.
3. Las especificaciones técnicas de todos ellos, incluyendo los procedimientos y resultados de las verificaciones y ensayos individuales.
4. Las instrucciones de montaje y desmontaje.
5. Las limitaciones impuestas en los certificados.
6. Las condiciones de marcado.

7. Los métodos recomendados para la reparación y/o revisión.

### **10.3 REQUISITOS PARA EL USUARIO**

La función del usuario debe ser la de controlar que las reparaciones se realicen bajo las condiciones especificadas. En este sentido debe seleccionar adecuadamente el taller de reparación, asegurándose que está capacitado para la ejecución de las reparaciones previstas y asegurarse de establecer un mecanismo administrativo de relación con el mismo (registro de las reparaciones).

### **10.4 REQUISITOS PARA EL TALLER DE REPARACIÓN**

Pueden existir tres tipos de talleres de reparación; los talleres del fabricante de los equipos, los talleres creados en las instalaciones del usuario por él mismo, para la reparación de sus propios equipos y los talleres pertenecientes a organismos reparadores independientes.

Las exigencias comunes a los tres tipos de talleres de reparación se recogen a continuación:

- Conocer y cumplir las normas apropiadas de protección contra la explosión aplicables a los aparatos que va a reparar y conocer igualmente los requisitos de certificación de los materiales a ser reparados o revisados.
- El personal directamente relacionado con la reparación y/o revisión del material certificado debe estar formado y supervisado para este tipo de trabajo. Tal formación debería cubrir:
  - Principios generales de los modos de protección y marcado
  - Aspectos del diseño del equipo que afectan al modo de protección
  - Certificación y normas
  - Identificación de las piezas de recambio o componentes autorizados por el fabricante
  - Técnicas particulares a ser empleadas en la reparación
- Es preferible el empleo de repuestos nuevos del fabricante, y el reparador debería asegurar que solamente se usan repuestos apropiados en la

reparación o revisión del material certificado. Dependiendo de la naturaleza del material, éstos repuestos pueden estar identificados por el fabricante, por la norma del material o por la documentación de certificación apropiada. Las piezas que por los documentos de certificación y por las especificaciones de materiales requieren estar selladas, deberían ser reemplazadas solamente por repuestos detallados en el listado de piezas de repuesto.

Por su parte la ITC 02.2.01 del RGNBSM recoge en su artículo 4 los siguientes requisitos.

*“Los talleres para la realización de las reparaciones por reconstrucción y/o modificación de equipos certificados u homologados que no sean los propios del fabricante tendrán que satisfacer las siguientes condiciones:*

- 1. Designación de un Director responsable especializado, con título de ingeniero o de ingeniero técnico, que será distinto del Director Facultativo si el taller está ubicado en una instalación minera.*
- 2. Presentación a la autoridad minera de un proyecto de talleres en el que se especifiquen sus recursos y equipos de trabajo y de comprobación, así como las normas operativas a aplicar en las reparaciones de cada material. El proyecto será informado por un Laboratorio Oficial acreditado y reconocido por la Dirección General de Minas. Los equipos de medida y verificación estarán debidamente contrastados y calibrados, debiendo garantizar su trazabilidad mediante certificados de calibración vigentes.*
- 3. Puesta en marcha del taller en visita de la autoridad minera.*

*El funcionamiento de los talleres estará sujeto a:*

- 1. Elaboración de un manual interno para la garantía de calidad.*
- 2. Comunicación a la autoridad minera del cambio de director responsable.*
- 3. Solicitud a la autoridad minera de autorización por escrito de la alteración de las normas operativas o de las condiciones iniciales que dieron lugar a la puesta en marcha.*

4. *La apertura de un libro de control de reparaciones, así como la expedición de un certificado, firmado por el director responsable, de todo material reparado en el que consten las reparaciones efectuadas y las comprobaciones que garanticen que el material a quedado acorde con la norma o normas relativas a su fabricación, este certificado es únicamente asimilable al certificado del fabricante contemplado en el apartado 2.1 de la ITC 12.0.01.*
5. *El establecimiento de un plan de calibración periódico y actualizado de sus equipos e instrumentos de medida y verificación, avalado por los certificados de calibración correspondientes. Dichos certificados de calibración serán válidos únicamente para el periodo de tiempo y las condiciones que indiquen, debiendo renovarse o incorporar los de aquellos nuevos equipos e instrumentos que lo precisen.*
6. *La autoridad minera podrá requerir que algunas o todas las reparaciones efectuadas sean sometidas a dictamen de un laboratorio oficial acreditado.”*

#### **10.5 IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL REPARADO**

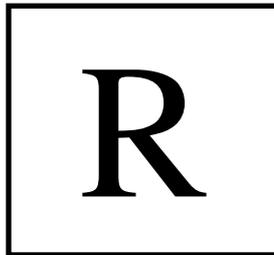
El material modificado se debería marcar para identificar la reparación o revisión y la identidad del reparador. También se deberían mantener registros con los detalles del trabajo de reparación llevado a cabo.

El marcado puede realizarse en un rótulo independiente. Puede ser necesario modificar, suprimir o completar el rótulo las siguientes circunstancias.

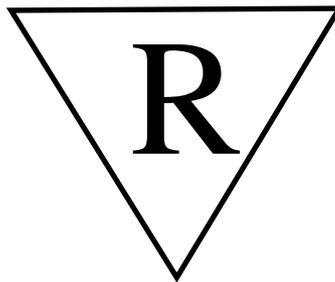
- a) Si después de la reparación, revisión o modificación, un material ha cambiado de forma tal que no cumple con la norma y el certificado, el rótulo de certificación se debe quitar, a menos que se haya obtenido un suplemento de certificado.
- b) Si el material ha cambiado durante la reparación o revisión de tal forma que aún cumple con la norma pero no necesariamente cumple con el certificado, no debería quitarse el rótulo de certificación, y el símbolo de reparación “R” debe ser escrito dentro de un triángulo invertido

El marcado del equipo reparado será como el mostrado en las figuras siguientes:

- Marcado a realizar cuando la reparación cumpla con la norma y con el certificado.



- Marcado a realizar cuando la reparación cumpla con la norma pero NO con el certificado.



El marcado de reparación debería ser legible y duradero, teniendo en cuenta la corrosión química, y debe estar localizado lo más cerca posible de la placa de características y otros marcados del equipo. Este marcado de reparación y revisión debería incluir además de los símbolos anteriores:

- El nombre del reparador o su número de registro
- El número de referencia del reparador relativo a la reparación o revisión llevada a cabo
- La fecha de reparación o revisión

Si el aparato o componente tiene marcado de una reparación previa, el marcado anterior se debería eliminar por el actual y los datos de la reparación anterior entregarse al usuario para su registro. Si el anterior marcado era un triángulo los marcados posteriores también deben ser triangulares aunque esas

reparaciones posteriores se realicen conforme a certificado, sólo se podrá volver a marcar con un cuadrado si todas las reparaciones efectuadas en el equipo se han realizado conforme a los certificados.

A los aparatos que después de la reparación pierden el modo de protección contra explosiones, se les debería retirar el marcado de modos de protección hasta que se obtenga un certificado suplementario. Si el aparato es devuelto al usuario sin la obtención del nuevo certificado, se debería informar que el aparato no es utilizable en las mismas condiciones que antes de la reparación y por tanto que no debe ser usado en atmósferas explosivas.

## **10.6 REPARACIÓN Y REVISIÓN DE APARATOS ELÉCTRICOS**

La reparación del material eléctrico para atmósferas explosivas esta fuertemente condicionada por las restricciones impuestas en las normas de obligado cumplimiento que regulan su construcción y ensayo y el mecanismo administrativo de control de la comercialización (certificación y declaración de conformidad) y la utilización, aplicado con el objetivo de establecer un nivel de seguridad elevado en los emplazamientos mineros a que está destinado dicho material. La norma EN 50014:1997 Material Eléctrico para Atmósferas Explosivas. Requisitos Generales, establece en su apartado 26, Verificaciones y Ensayos del Material Eléctrico Modificado o Reparado, lo siguiente:

*“No se admiten las modificaciones del material eléctrico que afectan a la integridad del modo de protección o a la temperatura del material salvo si el material modificado se somete de nuevo a una estación de ensayos.”*

*“En caso de reparación del material eléctrico que afecte al modo de protección, las partes que han sido reparadas deben someterse de nuevo a verificaciones y ensayos individuales que no necesariamente deben ser llevados a cabo por el fabricante.”*

La primera exigencia obliga por lo tanto, a realizar nuevos ensayos de verificación de la conformidad a normas para obtener una nueva certificación, tal y como si se tratara de un prototipo de nueva fabricación; queda por lo tanto bien claro que este tipo de intervenciones de mantenimiento correctivo están

totalmente restringidas desde un punto de vista operativo y son de difícil justificación técnica y económica salvo en casos de estricta necesidad.

La segunda exigencia es realmente la interesante cara a la planificación de las reparaciones de estos materiales. En este caso la norma no restringe la realización de tales intervenciones, aunque exige la realización de verificaciones y ensayos individuales, sea quien fuere el reparador (fabricante, usuario o taller independiente reconocido y subcontratado por el fabricante o por el usuario).

Es fácil concluir de la redacción del punto 26 de la norma que la reparación del material sin autorización del fabricante resulta francamente problemática para el usuario, en tanto en cuanto la intervención sobre el mismo sin tal autorización supone la pérdida de validez del certificado y/o la declaración de conformidad originales.

Como documentos de referencia para regular las reparaciones de aparatos eléctricos destinados a su uso en atmósferas explosivas conviene utilizar los siguientes:

- UNE 202003-19:2003, Material eléctrico para atmósferas explosivas de gas. Reparación y revisión del material utilizado en atmósferas explosivas.
- BS 7924:1994, Reparación y revisión de aparatos eléctricos certificados destinados a su uso en minas susceptibles de grisú.

Se describen a continuación, algunos de los procedimientos de reparación que se pueden aplicar a los equipos eléctricos protegidos contra explosión.

Se debería advertir que no todos los procedimientos se aplican a todos los modos de protección. Para tener instrucciones más detalladas sobre qué métodos son aplicables a cada modo de protección se recomienda seguir las normas citadas en el punto anterior. Al finalizar la reparación el reparador debería cerciorarse de que el material está en condición de servicio y cumple con las normas de los modos de protección.

### Metalización

Este método sólo debería usarse cuando la extensión del desgaste o daño, más la mecanización necesaria para preparar el componente para la reparación, no debilita la pieza más allá de sus límites de seguridad. Una metalización, si bien aumenta alguna rigidez, no debería tenerse en cuenta cuando se considera la resistencia. En efecto, el proceso de mecanizado previo a la aplicación de la metalización puede introducir concentraciones de tensión que pueden debilitar al componente.

La metalización no se recomienda para aplicaciones de alta velocidad y grandes diámetros, sólo es aceptable cuando el material es metalúrgicamente compatible y el metal de base está libre de defectos. Para su aplicación además deberían ponerse de acuerdo usuario y taller de reparaciones.

### Electrodeposición

Al igual que en la metalización, la electrodeposición no debe utilizarse cuando la pieza ha sufrido un desgaste mas haya de sus limites seguros de operación.

La electrodeposición sólo es aceptable cuando el material es metalúrgicamente compatible y el metal de base está libre de defectos. Para su aplicación además deberían ponerse de acuerdo usuario y taller de reparaciones.

### Encamisado

Este método sólo se debería utilizar cuando la extensión del desgaste o daño, más la mecanización necesaria para preparar el componente para la reconstrucción, no debilite la pieza más allá de sus límites de seguridad. Una camisa, si bien agrega alguna rigidez, no debería tenerse en cuenta cuando se considera la resistencia.

### Soldadura

La soldadura se aplica tanto a partes metálicas como a no metálicas. La reconstrucción por soldadura debería considerarse sólo si la técnica empleada asegura la fusión y la correcta penetración del aporte o de la soldadura en el metal de base, teniendo como resultado un adecuado reforzamiento, una prevención de las deformaciones, un alivio de tensiones y una ausencia de

poros. Se debe tener en cuenta que la soldadura fuerte y con dilución, aumenta la temperatura del componente a un nivel alto y puede causar la propagación de fisuras de fatiga y por tanto afectar a la protección de explosiones.

### Grapado

La reconstrucción fría de una pieza de fundición fracturada mediante la técnica del cierre de la fractura con grapas de aleación de níquel y el sellado de fisuras mediante resaltos de aleación de níquel, no debería ser usado en aquellas partes de los aparatos destinadas a la protección de explosiones.

### Mecanizado de los núcleos del estator y del rotor (máquinas rotativas)

No deberá excederse la distancia máxima permitida entre rotor y estator como resultado de las operaciones de mecanizado. Los núcleos del estator y del rotor dañados no deben ser mecanizados sin las debidas instrucciones del fabricante, o si este no está disponible, de el organismo certificador.

### Agujeros roscados de sujeción

Las roscas que se han dañado más allá del uso aceptable, dependiendo del modo de protección, pueden ser recompuestas por los siguientes métodos:

- Taladro a mayor diámetro y roscado
- Taladro a mayor diámetro, roscado y colocación de un tapón roscado adecuado
- Taladro a mayor diámetro, taponado, retaladrado y roscado
- Taponado, y retaladrado y roscado en otro punto
- Taponado por soldadura por dilución, taladrado y roscado

### Remecanizado de superficies

Sólo se debe considerar el remecanizado de superficies dañadas o desgastadas si la pieza no se debilita más allá de los límites de seguridad, se mantiene la integridad de la envolvente y se logra el acabado superficial requerido por los planos de certificación del fabricante o por las normas de protección de explosiones.

---

### Retirada de devanados dañados

El uso de disolventes o la aplicación de calor para facilitar la retirada de los devanados dañados es aceptable siempre que la operación no afecte el aislamiento entre las chapas de los circuitos magnéticos. La necesidad de esta precaución particular en estas circunstancias se debe al hecho de que un incremento de las pérdidas en el núcleo, puede provocar una degradación del aislamiento entre chapas, que puede afectar significativamente los parámetros del modo de protección “e”, o que exceda la clasificación de temperatura. Es importante que el reparador se ponga en contacto con el fabricante para obtener las características y composición del material usado para el aislamiento de las láminas así como para obtener recomendaciones sobre el método a emplear para realizar la sustitución del devanado sin afectar el aislamiento de las chapas.

### Partes encapsuladas

Las partes encapsuladas que formen parte de la protección contra explosiones sólo deben ser reparadas si la reparación es contemplada en los documentos de certificación y el usuario del aparato está de acuerdo. Las especificaciones para la realización de estas reparaciones pueden encontrarse en la norma CEI 79-19.

### Componentes transmisores de luz

No se permite la reparación de las partes que afecten al modo de protección contra explosiones. En este caso sólo se permite la sustitución del elemento dañado.

### Reparaciones provisionales

No deben realizarse reparaciones provisionales que afecten al modo de protección contra explosiones. Estas reparaciones sólo deben ser admitidas al objeto de mantener el servicio continuo por un periodo corto de tiempo asegurándose siempre los aspectos relacionados con el modo de protección.

### Agentes de limpieza y acabado

Las partes de las envolventes realizadas con material plástico no deben ser limpiadas con disolventes o agentes de limpieza que degraden su protección contra explosiones. Los detergentes domésticos son aceptados normalmente como agentes de limpieza. Cualquier acabado (como por ejemplo pinturas, barnices u otros materiales) aplicados a la superficie de una envolvente no deben afectar a sus características de seguridad o degradar el material sobre el que se aplican.

### Requisitos adicionales

Los requisitos adicionales específicos para los distintos modos de protección pueden ser encontrados en la norma CEI 79-19 y en la norma BS 7924 son:

- Requisitos adicionales para la reparación y revisión de materiales con modo de protección “d” (antideflagrante).
- Requisitos adicionales para la reparación y revisión de materiales con modo de protección “i” (seguridad intrínseca).
- Requisitos adicionales para la reparación y revisión de materiales con modo de protección “p” (presurización).
- Requisitos adicionales para la reparación y revisión de materiales con modo de protección “e” (seguridad aumentada).
- Requisitos adicionales para la reparación y revisión de materiales con modo de protección “n” (antichispas).

## **10.7 REPARACIÓN Y REVISIÓN DE APARATOS NO ELÉCTRICOS**

No existen normas técnicas específicas que contengan prescripciones acerca de la reparación y revisión de aparatos no eléctricos destinados a atmósferas explosivas. Como prescripciones generales se deben seguir las que recoge el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera en la ITC 02.2.01 - Reparación de material certificado u homologado.

El reglamento establece que cuando se realicen reparaciones por reconstrucción y modificación, el taller de reparaciones debe comprobar y

garantizar que el material ha quedado acorde con la norma o normas relativas a su fabricación. En este sentido podremos acudir a las normas de diseño y construcción de equipos no eléctricos destinados a atmósferas explosivas existentes en la actualidad y recogidas en la serie de normas y proyectos de norma EN 13463.

- En 13463 –1, Equipos no eléctricos destinados a atmósferas explosivas. Parte 1: Requisitos y metodología básica.
- EN 13463 – 2, Material no eléctrico para uso en atmósferas potencialmente explosivas – Protección por envoltorio de flujo restringido (fr).
- EN 13463 – 3, Material no eléctrico para uso en atmósferas potencialmente explosivas – Protección por envoltorio antideflagrante (d).
- EN 13463 – 4, Material no eléctrico para uso en atmósferas potencialmente explosivas – Protección por seguridad inherente (g).
- EN 13463 – 5, Material no eléctrico para uso en atmósferas potencialmente explosivas – Protección por seguridad constructiva (c).
- EN 13463 – 6, Material no eléctrico para uso en atmósferas potencialmente explosivas – Protección por control de fuentes de ignición (b).
- EN 13463 – 7, Material no eléctrico para uso en atmósferas potencialmente explosivas – Protección por presurización (p).
- EN 13463 – 8, Material no eléctrico para uso en atmósferas potencialmente explosivas – Protección por inmersión en líquido (k).

## **11 DOCUMENTACIÓN NECESARIA A MANTENER PARA LA UTILIZACIÓN DE EQUIPOS EN EMPLAZAMIENTOS MINEROS**

A continuación se expone una relación no exhaustiva de equipos en la que se señalan las distintas posibilidades teniendo en cuenta la entrada en vigor de la Directiva 94/9/CE (ATEX) el 30 de junio de 2003.

### **11.1 MÁQUINAS**

La documentación a mantener para todos estos equipos podrá ser:

- “Manual de Instrucciones” de la máquina.

#### **En emplazamientos con grisú**

1.a) Declaración de conformidad CE y marcado CE en relación con la Directiva 98/37/CE de máquinas. Marcado “Esta máquina está destinada para utilizarse en atmósferas explosivas”, o

1.b) Declaración CE de Conformidad y marcado CE en relación con la Directiva 98/37/CE de máquinas y la Directiva 94/9/CE ATEX.

Para las máquinas nuevas será obligatoria la declaración de Conformidad y marcado CE en relación con la Directiva 98/37/CE de máquinas y la Directiva 94/9/CE ATEX.

#### **En emplazamientos sin grisú**

Declaración de conformidad CE y marcado CE en relación con la Directiva 98/37/CE de máquinas.

### **11.2 EQUIPOS ELÉCTRICOS**

Tales como transformadores, luminarias y cofres de mando.

La documentación a mantener para todos estos equipos podrá ser la siguiente.

En aquellos casos en la Directiva o reglamento aplicado así lo exija deberá contarse con el “Manual de Instrucciones” del equipo.

#### **En emplazamientos con grisú**

1.a) Declaración de Conformidad CE y marcado CE en relación a la Directiva 94/9/CE ATEX, o

1.b) certificado comunitario según la Directiva 82/130/CEE sobre material eléctrico para minas con grisú, o

1.c) certificado nacional emitido por un Laboratorio Oficial reconocido por el Miner.

2) Para los equipos nuevos será obligatoria la declaración de Conformidad y marcado CE en relación con la Directiva 94/9/CE ATEX.

### **En emplazamientos sin grisú**

Marcado CE en relación con las directivas 73/23/CEE de Baja Tensión (BT) y la Directiva 89/336/CEE de compatibilidad electromagnética (CEM).

### **11.3 APARATOS DE MEDIDA QUE AFECTAN A LA SEGURIDAD**

Tales como anemómetros, Vibrómetros, metanómetros, detectores de CO, etc.

La documentación a mantener para estos materiales podrá ser:

En aquellos casos en la Directiva o reglamento aplicado así lo exija deberá contarse con el "Manual de Instrucciones" del equipo.

### **En emplazamientos con grisú**

1.a) Declaración de conformidad CE y marcado en relación a la Directiva 94/9/CE más certificado de calidad de la medida, o

1.b) certificado comunitario según la Directiva 82/130/CEE sobre material eléctrico para minas con grisú más certificado de calidad de la medida, o

1.c) certificado nacional emitido por un Laboratorio Oficial reconocido por el Miner más certificado de calidad de la medida.

2) Para los equipos nuevos será obligatoria la declaración de Conformidad y marcado CE en relación con la Directiva 94/9/CE ATEX.

### **En emplazamientos sin grisú**

a) Cuando sea aplicable, marcado CE en relación con las directivas 73/23/CEE (Baja Tensión) y 89/336/CEE de compatibilidad electromagnética (CEM).

b) Certificado de calidad de la medida.

## 11.4 EXPLOSORES

La documentación a mantener para estos materiales podrá ser:

- Manual de Instrucciones en castellano del material.
- Cuando sea aplicable, marcado CE en relación con las directivas 73/23/CEE (Baja Tensión) y 89//336/CEE (Compatibilidad electromagnética).

### En emplazamientos con grisú

- a) Certificado nacional emitido por un Laboratorio Oficial reconocido por el Miner cualquiera que sea su lugar de utilización.

### En emplazamientos sin grisú

- a) Certificado nacional emitido por un Laboratorio Oficial reconocido por el Miner cualquiera que sea su lugar de utilización.

## 11.5 OTROS MATERIALES

Tales como conductos de ventilación no metálicos y bandas transportadoras.

La documentación a mantener para estos materiales podrá ser:

### En emplazamientos con grisú

- a) Certificado nacional emitido por un Laboratorio Oficial reconocido por el Miner.

### En emplazamientos sin grisú

- a) Certificado nacional emitido por un Laboratorio Oficial reconocido por el Miner cualquiera que sea su lugar de utilización.

## **12 PLAN DE PREVENCIÓN CONTRA EXPLOSIONES**

### **12.1 REQUISITOS**

El Plan de Prevención contra Explosiones será redactado antes del comienzo del trabajo y revisado cuando el lugar de trabajo, equipos de trabajo u organización del mismo sufran cambios significativos, ampliaciones o conversiones. El empresario deberá actualizar dicho documento, si ha lugar, siempre que se produzca un accidente o se presente una situación de peligro grave dando cuenta de las medidas tomadas para evitar su repetición, además de informar, dentro de las veinticuatro horas siguientes, a la autoridad minera competente de los sucesos acaecidos, sin perjuicio de cualquier otra obligación o notificación que le imponga la legislación laboral vigente.

Dicho documento deberá estar a disposición de las autoridades laboral y sanitaria así como de los delegados de prevención como representantes de los trabajadores en materia de seguridad y salud. El Plan de Prevención contra explosiones debería reflejar, en concreto:

#### **1. Que se han determinado y evaluado los riesgos de explosión.**

- La probabilidad de formación y la duración de las atmósferas explosivas.
- La probabilidad de presencia y activación de fuentes de ignición, incluidas las descargas electrostáticas.
- Las instalaciones, las sustancias empleadas, las diferentes labores y sus posibles interacciones.
- Las proporciones de los efectos previsibles.

#### **2. Que se tomarán las medidas adecuadas para cumplir los objetivos del Real Decreto 1389/1997.**

- Se asegura la prevención y detección de explosiones y además se toman medidas para combatir su inicio y propagación.
- Se evita la formación de atmósferas explosivas.

---

**3. Que las labores han sido clasificadas de conformidad con UNE-EN 1127-2:2002.**

- Se han definido:

Las áreas de riesgo.

Las áreas que no presentan riesgos.

Las características de las sustancias inflamables presentes.

- Se han clasificado las áreas de riesgo.

**4. Que se aplicarán las disposiciones mínimas destinadas a mejorar la seguridad y la protección de la salud de los trabajadores potencialmente expuestos a atmósferas explosivas.**

Estas disposiciones mínimas son:

**a) Medias organizativas:**

a.1) Formación de los trabajadores.

a.2) Instrucciones por escrito y permisos de trabajo.

- Trabajos en áreas de riesgo.
- Sistemas de permisos de trabajo para trabajos peligrosos.

**b) Medidas técnicas de prevención y protección contra las explosiones:**

b.1) Medidas contra escapes o liberación de grisú o de polvo de carbón.

Prevención

Evacuación

Control

b.2) Medidas a tomar para la instalación de equipos y su funcionamiento en atmósfera explosiva.

b.3) Medidas para verificar las condiciones de seguridad de los lugares de trabajo antes del inicio de las labores.

b.4) Equipos y sistemas de protección que deben mantenerse en situación de funcionamiento en caso de un corte de energía.

## **5. Que los equipos se utilizan en condiciones seguras con arreglo a las disposiciones de la Directiva 89/655/CEE (Real Decreto 1215/1997).**

En el siguiente apartado se especifica con más detalle un posible modelo para el Plan de Prevención contra Explosiones. La estructura que se propone puede ser utilizada para abordar el cumplimiento de los requisitos y como ayuda en la redacción del mismo. Sin embargo, esto no implica que todos los puntos deban ser incluidos en dicho documento.

Por claridad y conveniencia, el Plan debería ser realizado tan pronto como fuera posible. Las Directivas Europeas permiten expresamente la combinación de evaluaciones, documentos o informes. El Plan de Prevención contra Explosiones puede así contener referencia a otros documentos sin incluirlos de forma explícita. Sin embargo, eso sólo podría hacerse si dichos documentos pueden ser consultados rápidamente si fuese necesario.

## **12.2 MODELO PARA UN PLAN DE PREVENCIÓN CONTRA EXPLOSIONES**

### **12.2.1 Descripción de la organización del trabajo**

El principal requisito para evaluar los riesgos de explosión es una descripción sistemática del proceso de explotación. Cada parte de la mina se divide en áreas de trabajo y son listadas las actividades realizadas en cada área.

El paso preliminar a la evaluación de riesgos es preparar una lista de actividades de trabajo, agrupándolas de forma racional y manejable. Una posible forma de clasificar las actividades de trabajo es la siguiente:

- Etapas en el proceso de explotación.
- Trabajos planificados y de mantenimiento.
- Tareas definidas.

Para minería subterránea y de forma general, una posible clasificación de las etapas del proceso podría ser la siguiente:

#### **1. Sostenimiento y fortificación:**

- Cuadros, mallas, pletinas, chapas, etc...
  - Bulones, cables y pernos.
  - Relleno u hormigonado.
  - Posteo o malleo.
  - Mampostas metálicas.
2. Arranque:
- Por acción de la gravedad (hundimiento controlado).
  - Por perforación y voladura con explosivos.
  - Por acción mecánica de una máquina o minador.
3. Carga y desescombrado:
- Sistemas discontinuos (cargadoras, escraperes, volquetes y transportadores).
  - Sistemas continuos (minadores, rozadoras).
4. Transporte interior:
- Sistemas discontinuos (manual, LHD, volquetes, trenes, etc...).
  - Sistemas continuos (cintas, panceres, etc...).
5. Extracción:
- Pozos de extracción vertical.
  - Planos inclinados con cintas.
  - Rampas para camiones o volquetes.
  - Sistemas hidráulicos de transporte.
6. Servicios:
- Ventilación y aire acondicionado.
  - Desagüe y drenaje.
  - Mantenimiento y talleres.
  - Iluminación.

- Almacenes y polvorines.
- Oficinas y vestuarios.
- Control de seguridad.

### **12.2.2 Especificación del proceso y actividades que serán evaluadas**

El proceso puede ser descrito mediante una descripción escrita de todas las etapas a ejecutar para desarrollar la labor o mediante diagramas de flujo o esquemas del proceso.

El esquema contará con toda la información que sea de importancia para la protección contra la explosión.

En la descripción de los pasos de ejecución se incluirán arranque y parada, resumen del diseño y datos de operación (temperatura, humedad, producción, equipos...), limpieza, ventilación del espacio, descripción de las sustancias inflamables emitidas (designación, cantidad, naturaleza de su existencia, parámetros de seguridad necesarios).

Para cada actividad de trabajo puede ser preciso obtener información, entre otros, de los siguientes aspectos relacionados con las atmósferas explosivas:

- Tareas a realizar. Su duración y frecuencia.
- Lugares donde se realiza el trabajo.
- Sustancias inflamables generadas en el trabajo.
- Estado físico de las sustancias utilizadas (humos, gases, vapores, líquidos, polvo, sólidos).
- Medidas de control existentes (medidas de grisometría, ventilación control ambiental...).
- Quien realiza el trabajo, tanto permanente como ocasional.
- Otras personas que puedan ser afectadas por las actividades realizadas.
- Procedimientos escritos de trabajo, y/o permisos de trabajo.
- Instalaciones, maquinaria y equipos utilizados.

- Instrucciones de fabricantes y suministradores para el funcionamiento y mantenimiento de la maquinaria y equipos.
- Distancia y altura a la que han de moverse de forma manual los materiales.
- Energías utilizadas (neumática, eléctrica, hidráulica, gravedad...).
- Datos de evaluaciones de riesgos existentes.
- Organización del trabajo.

### **12.2.3 Clasificación de las labores en función de las condiciones atmosféricas con riesgo de explosión**

En este apartado se realizará la clasificación en áreas de riesgo según la norma UNE-EN 1127-2.

Previamente se determinará cual es la secuencia de explotación en función del tipo de laboreo que se desarrolle o se pretenda desarrollar.

En función de esta secuencia de operación y teniendo en cuenta los cálculos de ventilación efectuados para mantener los lugares de trabajo en condiciones seguras, se efectuará la clasificación según lo contemplado en el capítulo 8.

### **12.2.4 Evaluación de riesgos**

Este apartado establece los resultados de la evaluación de riesgos, discusión de la existencia de posibles áreas peligrosas y las posibles fuentes de ignición. Debe tenerse en cuenta el arranque y parada, mantenimiento y los defectos de funcionamiento así como el funcionamiento normal. Deberá incluir:

- La probabilidad de formación y la duración de las atmósferas explosivas.
- La probabilidad de presencia y activación de fuentes de ignición.
- Las instalaciones, las sustancias empleadas, los procesos industriales y sus posibles interacciones.
- Las proporciones de los efectos previsibles.
- Se tendrán en cuenta los lugares que puedan estar en contacto mediante aperturas con lugares en que puedan crearse atmósferas explosivas.

En el capítulo 6 de esta guía se propone un método sistemático para el desarrollo de la evaluación de riesgos.

### **12.2.5 Especificación de las medidas requeridas**

Este capítulo está basado en la evaluación de riesgos y describe las medidas de protección elegidas. Se tomarán las medidas necesarias para que:

- El entorno de trabajo sea tal que el trabajo pueda efectuarse de manera segura.
- Asegurar una supervisión adecuada de los trabajadores con arreglo a la evaluación de riesgos mediante el uso de los medios técnicos apropiados.

Las medidas que se deberán tomar serán medidas de carácter técnico y organizativo.

#### **A) MEDIDAS ORGANIZATIVAS**

El documento deberá reflejar, basándose en una evaluación global del lugar de trabajo, que los equipos de trabajo y todas las instalaciones materiales son adecuadas para su uso en lugares peligrosos y están, de esta forma, montadas, instaladas y utilizadas para que no produzcan una explosión.

Si se realiza cualquier modificación, ampliación o reestructuración en lugares peligrosos, el empresario debe tomar las medidas necesarias para asegurarse que se cumplen con los principios de seguridad y salud establecidos en la Directiva 1999/92/CE.

El empresario debe:

- Definir las medidas tomadas.
- Marcar los lugares peligrosos.
- Desarrollar las instrucciones de operación.
- Seleccionar a los trabajadores cualificados.
- Proporcionar trabajadores con el adecuado y apropiado entrenamiento frente a los riesgos de explosión.

- Aplicar un sistema de permisos de trabajo para realizar actividades peligrosas y actividades que puedan afectar a otros trabajos originando riesgos.
- Llevar a cabo las necesarias comprobaciones y vigilancia.

#### a.1) Formación de los trabajadores

Los trabajadores deberán recibir la información, las instrucciones, la formación y el reciclaje necesarios para preservar su seguridad y su salud. Dicha información deberá ser comprensible y estará relacionada con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo, tanto aquellos que afecten a la empresa en su conjunto como a cada tipo de puesto de trabajo o función.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos señalados anteriormente.
- Las medidas adoptadas en situaciones de emergencia, en especial lo relacionado con los primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente su correcto funcionamiento. En el Plan de Prevención contra explosiones, el empresario deberá reflejar las relaciones con servicios externos a la mina, en particular en materia de primeros auxilios, asistencia médica de urgencia y salvamento, de forma que quede garantizada la rapidez y eficacia de las mismas.

En todos los lugares de trabajo ocupados por trabajadores deberá haber un número suficiente de trabajadores especializados con las aptitudes, la experiencia y la formación necesarias para realizar las tareas que tengan asignadas.

La información sobre los riesgos laborales se hará a través de los Delegados de Prevención allí donde estén establecidos, de acuerdo con lo reflejado en el artículo 18.1 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

### a.2) Instrucciones por escrito y permisos de trabajo

Deberán elaborarse, para cada lugar de trabajo, instrucciones por escrito en las que se definan las normas que se deberán observar para garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores y la utilización segura de los equipos e instalaciones.

Dichas instrucciones deberán incluir asimismo consignas relativas al uso de los equipos de socorro y a las medidas que se deberán tomar en caso de emergencia en el lugar de trabajo o en las cercanías del mismo. (Art. 6. Parte A. R.D. 1389/1997).

Se elaboraran para cada tarea que en determinadas condiciones sea susceptible de generar riesgos de explosión, especialmente si estos son de cierta importancia y van asociados a las actuaciones de las personas. En las instrucciones estarán recogidos aquellos aspectos de seguridad a tener en cuenta por las personas responsables de las tareas a realizar, a fin de que conozcan como actuar correctamente en las diferentes fases u operaciones y sean conscientes de las atenciones especiales que deben tener en momentos u operaciones claves para su seguridad personal, la de sus compañeros y la de las instalaciones.

- Trabajos en áreas de riesgo

Deberá establecerse un sistema de autorización de trabajo para la ejecución de trabajos peligrosos y para la ejecución de trabajos normalmente sin peligro pero que puedan ocasionar graves riesgos al interferir con otras operaciones.

La autorización de trabajo deberá expedirla una persona responsable, antes del comienzo de los trabajos, y deberá especificar las condiciones que se deberán cumplir y las precauciones que se deberán tomar, antes, durante y después de los trabajos. (Art. 8. Parte A. R.D. 1389/1997).

- Sistemas de permisos de trabajo para trabajos peligrosos

El sistema de permisos de trabajo especiales debe coordinar al departamento de producción que es quién mejor conoce las condiciones,

estado y contenido de las instalaciones que utiliza, y al departamento de mantenimiento que es quién mejor conoce las acciones a realizar por el trabajador para determinados trabajos con riesgo de explosión. El departamento de prevención debe inducir la preparación de estos documentos pero esta obligado a participar necesariamente en su elaboración.

El documento de autorización deberá contener los siguientes aspectos:

- Revisión del estado de la instalación donde se realizarán los trabajos mediante un listado de control
- Fecha y periodo de validez del permiso
- Resaltar validez sólo para una jornada laboral y un turno de trabajo
- Metodología de cumplimentación al dorso
- Otros datos como: localización del punto de trabajo, reseña del trabajo a efectuar, número de petición del trabajo

## B) MEDIDAS TÉCNICAS.

### b.1) Medidas contra escapes o liberación de grisú o de polvo de carbón.

#### b.1.1) Prevención y protección

Evitar la existencia de atmósferas explosivas mediante ventilación natural y ventilación mecánica.

- Todas las labores subterráneas de acceso autorizado deberán estar ventiladas de forma adecuada.
- Deberá preverse una ventilación permanente para mantener un margen suficiente de seguridad: una atmósfera sana; una atmósfera en que estén controlados los riesgos de explosión y de polvos respirables; una atmósfera en que las condiciones de trabajo sean las adecuadas durante el tiempo de trabajo, teniendo en cuenta los métodos aplicados y las condiciones a que están sometidos los trabajadores.

- Cuando la ventilación natural no pueda satisfacer las condiciones anteriores, la ventilación principal deberá estar asegurada mediante uno o varios ventiladores mecánicos.
- Se deberán tomar medidas para asegurar la estabilidad y continuidad de la ventilación.
- La depresión de los ventiladores principales deberá ser vigilada de forma permanente y deberá instalarse una alarma automática para señalar las paradas intempestivas.
- Deberá registrarse la medición periódica de los parámetros de ventilación.
- Deberá elaborarse un plano de ventilación en el que se indiquen las características útiles de la misma, que deberá actualizarse periódicamente y estar disponible en el lugar de trabajo. (Art. 7. Parte C. R.D. 1389/1997).
- La ventilación principal deberá asegurarse por medio de uno o varios ventiladores mecánicos.
- La explotación deberá efectuarse teniendo en cuenta el desprendimiento de grisú. Se adoptarán disposiciones para el eliminar en la medida de lo posible los riesgos debidos al grisú.
- La ventilación secundaria deberá limitarse a las labores de preparación y a los trabajos de recuperación, así como a los locales que comuniquen directamente con la corriente de la ventilación principal.
- Las labores de explotación sólo podrán ser ventiladas en ventilación secundaria si se toman medidas complementarias apropiadas de forma tal que se mantenga la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Las mediciones de ventilación deberán completarse mediante controles grisumétricos. Deberá registrarse la medición periódica de los parámetros de la ventilación. Deberá elaborarse un plano de la ventilación en el que se indiquen las características útiles de la misma,

que deberá actualizarse periódicamente y estar disponible en el lugar de trabajo.

- Cuando lo exija el documento sobre seguridad y salud, el contenido en grisú se controlará de forma continua en los retornos de ventilación de las labores de arranque mecanizado y de explotación por sutiraje, así como en las zonas de los frentes de avance mecanizado en fondo de saco.
- En las minas con grisú sólo podrán utilizarse los explosivos y artificios de voladura previstos al efecto.
- En minas con riesgo de explosión, de incendio y de atmósferas nocivas, las disposiciones del apartado 4.1º b) de la parte A del Anexo del R.D. 1389/1997 se sustituyen por las siguientes:
  - Queda prohibido fumar, ser portador de tabaco de fumar o de cualquier objeto destinado a procurarse fuego.
  - Los trabajos de soplete, de soldadura y otras actividades comparables sólo podrán ejecutarse de forma excepcional, adoptando medidas específicas que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores. (Art. 8. Parte C. R.D. 1389/1997).
- Las minas de carbón serán consideradas como minas con polvos inflamables salvo cuando el documento sobre seguridad y salud demuestre que ninguna de las capas explotadas produce polvos capaces de propagar una explosión.
- Se deberán tomar medidas para reducir los depósitos de polvos inflamables y proceder a su eliminación y neutralización o fijación.
- La propagación de explosiones de polvos inflamables y/o de grisú capaces de desencadenar otras explosiones de polvos inflamables deberá limitarse por medio de un sistema de barreras de extinción.
- El emplazamiento de las barreras de extinción se precisará en un documento que deberá actualizarse periódicamente y estar disponible en el lugar de trabajo. (Art. 9. Parte C. R.D. 1389/1997).

### b.1.2) Plan de evacuación

#### Vías y salidas de emergencia.

- En caso de peligro, todos los puestos de trabajo deberán poder ser evacuados rápidamente, en condiciones de máxima seguridad para los trabajadores.
- Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y conducir lo más directamente al exterior, a un punto de reunión o a una estación de evacuación seguros.
- El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, del equipo y de las dimensiones de los lugares de trabajo, así como del número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.
- Las vías y salidas de emergencia, así como las vías de circulación no deberán estar obstruidas por ningún objeto, de manera que puedan utilizarse sin trabas en cualquier momento. (Art. 9. Parte A. RD 1389/1997).

#### Prácticas de seguridad y evacuación.

- En los lugares de trabajo habitualmente ocupados deberán realizarse prácticas de seguridad y de evacuación de las instalaciones, a intervalos regulares.
- Estas prácticas tendrán especialmente la finalidad de formar y comprobar la aptitud de los trabajadores encargados, en caso de peligro, de tareas precisas en las que sea necesario la utilización, manipulación o funcionamiento de los equipos de emergencia.
- Cuando sea necesario, los demás trabajadores también deberán poder realizar prácticas de utilización, manipulación o puesta en funcionamiento de dichos equipos. (Art. 11. Parte A. RD 1389/1997).

#### Equipos de primeros auxilios.

- Deberá disponerse de equipos de primeros auxilios adaptados a la actividad ejercida en todos los lugares en los que las condiciones de

trabajo lo requieran. Estos equipos deberán estar señalizados de forma adecuada y ser de fácil acceso.

- Cuando la importancia de los lugares de trabajo, el tipo de actividad que en ellos se desarrolle y la frecuencia de los accidentes lo requieran, se deberá destinar uno o varios locales a los primeros auxilios. En dichos locales se expondrán, de forma claramente visible, instrucciones sobre los primeros auxilios que deben dispensarse en casos de accidente.
- Los locales destinados a los primeros auxilios deberán estar equipados con las instalaciones y el material de primeros auxilios indispensables. Deberán señalizarse conforme a lo establecido en la legislación vigente.
- Deberá también poder disponerse de material de primeros auxilios en todos los lugares en que las condiciones de trabajo lo requieran.
- Deberá ofrecerse la formación necesaria sobre la utilización del equipo de primeros auxilios a un número suficiente de trabajadores. (Art. 12. Parte A. RD 1389/1997).

#### b.1.3) Control

- Deberán reflejarse las medidas tomadas, según el caso, para evaluar la presencia de sustancias potencialmente explosivas en la atmósfera y para medir la concentración de dichas sustancias:
  - Aparatos de vigilancia que registren de manera automática y continua las concentraciones de gas en puntos específicos, en este caso deberán registrarse y conservarse los valores medidos.
  - Dispositivos de alarma automática.
  - Sistemas de desconexión automática de las instalaciones eléctricas.
- En las zonas que presenten riesgos específicos de incendio o de explosión estará prohibido fumar.

- También estará prohibido emplear en estas zonas llamas desnudas o efectuar trabajos que puedan entrañar riesgo de inflamación, salvo si se han tomado las precauciones suficientes para prevenir la aparición de un incendio o de una explosión. (Art. 4. Parte A. RD 1389/1997).

## b.2) Medidas a tomar para la instalación de equipos y su funcionamiento en atmósfera explosiva.

### b.2.1) Elección del equipo.

- En principio, los equipos y sistemas de protección que sean utilizados en zonas donde puedan presentarse atmósferas explosivas serán elegidos de acuerdo con las categorías definidas en la Directiva 94/9/CE. Si son utilizados otros equipos, estos deben estar indicados en el Plan de Prevención contra la explosión de acuerdo a la evaluación de riesgos.
- Se permiten hacer ciertas excepciones si la evaluación de los riesgos de explosión (propiedades materiales, procesos) indican que el riesgo potencial para los trabajadores y otras personas es mayor o menor que el normal. En tales casos, pueden asignarse diferentes categorías de equipos a las zonas.
- Si la forma en la cual el equipo móvil es usado puede llevar a su utilización en áreas con diferentes peligros potenciales, deberán ser seleccionados teniendo en cuenta el caso más desfavorable. Se permiten ciertas excepciones si las medidas de tipo organizativo aseguran la seguridad de la operación.
- Información para la utilización. Esta cláusula especifica la información para el uso y mantenimiento que debe ser suministrada con el equipo, sistemas de protección y componentes. La información indicará claramente el grupo y categoría del equipo y sistema de protección e incluirá la información para su uso de acuerdo a lo establecido en la Directiva 94/9/CE.

Se prestará una especial atención respecto a la siguiente información:

- Instrucciones relativas al funcionamiento normal incluyendo el arranque y la parada.
- Instrucciones relativas al mantenimiento periódico y la reparación incluyendo la apertura sin peligro del equipo, sistema de protección y componentes.
- Instrucciones relativas a los requisitos para la limpieza, incluyendo la eliminación del polvo y los procedimientos de trabajo seguro.
- Las instrucciones relativas a la identificación de averías y las acciones necesarias.
- Instrucciones relativas a los ensayos de los aparatos, sistemas de protección y componentes después de una explosión.
- Información sobre los riesgos que requieren una acción, por ejemplo, se debe proporcionar información sobre la posible existencia de una atmósfera explosiva identificada como parte de la evaluación de riesgos, para evitar que el operador u otra persona sea la causa de una fuente de ignición.

#### b.2.2) Documentación.

Deben estar disponibles los siguientes documentos actualizados:

- La clasificación de las áreas peligrosas.
- Grupo del material y categoría.
- Registros suficientes para permitir que el equipo protegido contra explosión, sea mantenido de acuerdo con su modo de protección.

#### b.2.3) Cualificación del personal de inspección y mantenimiento

La inspección y mantenimiento de instalaciones se debe llevar a cabo solamente por personal experimentado cuya preparación haya incluido la instrucción sobre los distintos modos de protección y prácticas de instalación, normas y reglamentos aplicables y los principios generales de clasificación de áreas. Se deben dar regularmente cursos de repaso a todo el personal.

#### b.2.4) Inspecciones.

Para asegurar que la instalación se mantenga en una condición satisfactoria para uso continuo en un área peligrosa, son necesarias:

- Inspecciones periódicas regulares,
- Vigilancia continúa por personal cualificado, y si es necesario se procederá al mantenimiento.

El intervalo para las inspecciones periódicas debe realizarse en función del deterioro que se prevea. Los factores que pueden tener una mayor influencia en el deterioro de los equipos son la sensibilidad a la corrosión, la exposición a agentes químicos o disolventes, el riesgo de acumulación de polvo y de suciedad, el riesgo de penetración de agua, la exposición a temperaturas ambientes anormales, el riesgo de daños mecánicos, la presencia de vibraciones anormales, la formación y experiencia del personal, el riesgo de modificación o de ajustes no autorizados y el riesgo de mantenimientos no adecuados.

Una vez que se ha fijado el intervalo para las inspecciones, la instalación se deberá someter provisionalmente a inspecciones por muestreo, que pueden utilizarse para confirmar o modificar el intervalo propuesto. De forma similar, se debe determinar el grado de inspección y aquí nuevamente se pueden usar las inspecciones por muestreo para reafirmar o modificar el grado propuesto.

Si en cualquier momento aparece un cambio en la clasificación de área o si cualquier material se cambia de un lugar a otro, se debe efectuar una verificación para asegurar que el modo de protección, grupo de material y categoría son adecuados para las nuevas condiciones.

El grado de inspección y el intervalo entre inspecciones periódicas se deben determinar teniendo en cuenta el tipo de equipamiento, las indicaciones del fabricante, si existen, los factores que favorecen su deterioro, la zona de uso y los resultados de las inspecciones previas.

El material eléctrico móvil es particularmente fácil de dañar o de efectuar con él mal uso, por consiguiente, puede ser necesario reducir el intervalo entre inspecciones periódicas.

#### b.2.5) Requisitos para el mantenimiento.

Se deben revisar periódicamente las condiciones generales de todos los materiales y cuando sea necesario se deben tomar las medidas de corrección adecuadas. Sin embargo, se debe tener cuidado para mantener la integridad del modo de protección proporcionado por el material; para lo que puede necesitarse la consulta con el fabricante. Las piezas de repuestos deben estar de acuerdo con la documentación de seguridad.

Los cables y conductos flexibles y sus terminales son particularmente propensos a averías. Estos se deben inspeccionar a intervalos regulares, debiendo ser reemplazados si se encuentran dañados o defectuosos.

Los materiales eléctricos situados en un área peligrosa pueden ser afectados en forma adversa por las condiciones ambientales en que son utilizados. Algunos de los elementos claves a considerar son la corrosión, temperatura ambiente, entrada de agua, acumulación de polvo, efectos mecánicos y ataque químico.

La corrosión del metal, o la influencia de agentes químicos puede afectar el modo y grado de protección de los materiales. Si la envolvente o el componente están severamente corroídos, se debe reemplazar la parte afectada.

Se debe verificar que el equipo eléctrico haya sido diseñado para resistir la temperatura ambiente máxima y mínima a la que puede ser sometido.

Todas las partes de las instalaciones se deben mantener limpias y libres de acumulaciones de polvo y sustancias perjudiciales que puedan causar un excesivo aumento de la temperatura.

Es necesario asegurarse que se conserva la protección contra la intemperie del material. Se deben reemplazar las juntas de estanqueidad dañadas.

Si el material está sujeto a vibraciones, se debe tener especial cuidado para asegurar que los bulones y entradas de cable permanezcan firmes.

Se debe tener cuidado para evitar que se genere electricidad estática durante la limpieza del material eléctrico no conductor.

Los materiales eléctricos que contengan partes conectadas que no sean de seguridad intrínseca, y que están localizados en áreas peligrosas, no se deben abrir sin seccionar las conexiones de entrada. La envolvente no se debe abrir hasta que haya transcurrido un tiempo suficiente para permitir que cualquier temperatura superficial o energía eléctrica almacenada disminuya a un valor por debajo del cual es incapaz de causar la ignición.

Si, por un periodo de tiempo necesario para los trabajos previstos, la autoridad responsable puede garantizar la ausencia continua de una atmósfera explosiva, emitiendo a tal efecto una autorización por escrito, se puede llevar a cabo los trabajos en los que resulte necesario disponer de partes en tensión, aplicando las precauciones que se deben aplicar en área segura.

b.2.6) Utilización de señales ópticas y/o acústicas de alarma antes de que se alcancen las condiciones de explosión

Los diferentes lugares de trabajo se deberán dotar de los sistemas de alarma y otros medios de comunicación precisos que permitan, cuando sea necesario, la inmediata puesta en marcha de las operaciones de socorro, evacuación y salvamento.

### b.3) Verificación de las condiciones de seguridad de los lugares de trabajo antes del inicio de los trabajos

Antes de que sea utilizado por primera vez un lugar de trabajo que cuente con zonas donde puedan presentarse atmósferas explosivas, y después de cualquier modificación con influencia sobre la seguridad, debe verificarse su seguridad frente a la explosión. Los intervalos para las comprobaciones regulares y las personas asignadas a esta obligación pueden ser registrados en hojas separadas (por ejemplo, trabajadores formados, instrucciones escritas, permisos de trabajo).

Antes de que un lugar de trabajo, que cuente con zonas donde puedan formarse atmósferas explosivas, sea utilizado por primera vez y después de cualquier alteración con consecuencias sobre la seguridad, es aconsejable comprobar su seguridad global.

Tales comprobaciones deben llevarse a cabo por personas con profundos conocimientos en protección contra explosiones como resultado de su formación profesional, experiencia y actual actividad profesional.

### **12.2.6 Utilización de equipos en condiciones seguras**

Este apartado deberá reflejar que los equipos se utilizan en condiciones seguras con arreglo a las disposiciones de la Directiva 89/655/CEE (R.D. 1215/1997).

- Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para prevenir el riesgo de explosión, tanto del equipo de trabajo como de las sustancias producidas, utilizadas o almacenadas por éste.
- Los equipos de trabajo no deberán utilizarse de forma o en operaciones o en condiciones contraindicadas por el fabricante. Tampoco podrán utilizarse sin los elementos de protección previstos para la realización de las operaciones de que se trate.
- En ambientes especiales tales como lugares con atmósferas explosivas, no se emplearán equipos de trabajo que en dicho entorno supongan un peligro para la seguridad de los trabajadores.

En este apartado se justificará la selección de cada equipo para su trabajo en cada área de riesgo en función de su categoría. Esta justificación se efectuará en base a las tablas que aparecen en el capítulo 9.

También deberán señalarse referencias a los planos de instalaciones eléctricas en los que debería estar incluida la clasificación en áreas de riesgo.

### **12.2.7 Implantación**

Esta sección indica quien es el responsable de realizar esas acciones y cuando y como las medidas elegidas son llevadas a cabo.

### **12.2.8 Coordinación**

En aquellos lugares donde estén presentes trabajadores de distintas empresas, cada empresario será responsable de todos los trabajos bajo su control. El empresario responsable del lugar de trabajo deberá coordinar la implantación de las medidas de protección contra la explosión establecidas en su Plan, precisará el objeto, las medidas y las modalidades de aplicación de dicha coordinación y vigilará su cumplimiento por parte de los empresarios que tengan actividad en el centro.

Los empresario que desarrollen actividades en un centro de trabajo ajeno deberán recibir por parte del empresario titular del mismo la información e instrucciones adecuadas, en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y con las medidas de prevención y protección correspondientes, así como sobre las medidas de emergencia a aplicar, para su traslado a sus respectivos trabajadores.

El empresario deberá recabar por parte de los fabricante, importadores y suministradores, la información necesaria para que la utilización y manipulación de la maquinaria, equipos, productos, materias primas y útiles de trabajo se produzcan sin riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores, con el fin de que los diferentes empresarios cumplan con su obligación de información respecto de sus propios trabajadores, siempre que estos deban operar con máquinas o equipos proporcionados por la empresa principal. El empresario deberá guardar una copia de la documentación entregada. Dicha documentación no tiene, necesariamente, que formar parte del documento de seguridad pero si estar referenciada o registrada en el mismo con el fin de ser revisada si esto fuese necesario.

En aquellos lugares donde diferentes personas o equipos estén trabajando simultáneamente y próximos unos a otros pueden, de forma inadvertida, ponerse en peligro principalmente debido a las diferentes tareas realizadas en la proximidad si estas no se conocen o no se tiene la suficiente información sobre el inicio, naturaleza o extensión de los trabajos que están siendo realizados. Incluso las prácticas de trabajo seguras dentro de un equipo no excluyen la posibilidad de que otras personas, situadas en zonas próximas,

puedan verse afectadas. La única garantía contra esa exposición mutua al peligro es la coordinación de todos los afectados.

Cuando el trabajo es subcontratado, el contratista y el contratado están obligados a coordinar sus diferentes actividades para evitar la exposición mutua de sus trabajadores a un riesgo.

En la práctica, las medidas de coordinación relativas a la protección contra la explosión son normalmente parte de las funciones generales de coordinación de los empresarios, tales como:

- Coordinación en la etapa de planificación, por ejemplo:
  - Incorporación de la protección de la seguridad y salud en el sistema de dirección y organización del trabajo.
  - Diseñar las precauciones contra la aparición de peligros desde y durante la cooperación entre diferentes empresarios.
  - Diseñar los preparativos para compartir las instalaciones de auxilio.
  - Incluir la seguridad y salud en un sistema para el posterior trabajo en labores, instalaciones técnicas, etc.
- Coordinación en la etapa de ejecución, por ejemplo:
  - Supervisar el cumplimiento de los requisitos de seguridad y salud en operaciones compartidas por varias empresas y formación de los trabajadores.
  - Cooperación en la organización y coordinación entre las diferentes empresas en los aspectos relativos a la seguridad y salud durante la ejecución de los trabajos.

### **12.2.9 Anexos al Plan de Prevención contra explosiones**

Los anexos puede contener, por ejemplo, certificados de examen CE de tipo, instrucciones de operación para máquinas o equipos como Disposiciones Internas de Seguridad y Normas de Seguridad, registros de niveles de concentración de grisú y polvo de carbón, esquemas ATEX de instalaciones, planes de emergencia, etc. También puede contener únicamente referencia a registros de la empresa indicando donde puede localizarse dicha información.

### 12.3 EJEMPLO DE PLAN DE PREVENCIÓN CONTRA EXPLOSIONES

A continuación se propone un ejemplo de como podría estar estructurado un Plan de Prevención contra Explosiones para un proyecto de nueva explotación. Todos los datos son reales y han sido extraídos de un proyecto real de explotación por subniveles.

Para la realización del Plan de Prevención contra Explosiones en instalaciones de minería subterránea hay que tener en cuenta como punto de partida que, una instalación minera no es una instalación fija, cuyas instalaciones son evaluadas inicialmente y sólo se realizan modificaciones al documento cuando surgen nuevos cambios. El proceso de explotación minero es continuamente cambiante y esto supone que los documentos de seguridad y salud deben ser actualizados de forma periódica, incluido el Plan de Prevención contra Explosiones. Por tanto, serán documentos “vivos” de revisión continua.

El Plan debería estar dividido en dos bloques básicos; un primer bloque que apenas sufrirá cambios con el avance de la explotación y que será el relativo a los lugares de trabajo ya existentes, como son los pozos principales y galerías de acceso, y un segundo bloque en el que se incluirán las medidas de protección particulares contra explosiones, para los tajos en explotación y para los nuevos proyectos.

A continuación se muestra un ejemplo de formato de Plan de Prevención contra Explosiones para un nuevo proyecto de explotación por el método de sutiraje mediante subniveles, que formaría parte del Plan de Protección contra Explosiones global de la instalación minera.

# **PLAN DE PREVENCIÓN CONTRA EXPLOSIONES**

**Nº 001**

**PROYECTO DE EXPLOTACIÓN POR EL MÉTODO DE  
SUTIRAJE MEDIANTE SUBNIVELES DE LA CAPA X POZO Y**

## **ÍNDICE**

### **1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO**

- 1.1 EXPLOTACIÓN POR SUTIRAJE CON SUBNIVELES
- 1.2 CONSTRUCCIÓN DEL PLANO
- 1.3 EXPLOTACIÓN
- 1.4 TRANSPORTE DE CARBÓN Y DE MATERIAL

### **2 CÁLCULOS GASOMÉTRICOS**

- 2.1 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE GAS EN CAPA Y DE LA VELOCIDAD DE DESORCIÓN
- 2.2 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESPRENDIMIENTO DE GRISÚ EN EL AVANCE Y EN EL SUTIRAJE

### **3 CONCENTRACIÓN DE POLVO**

- 3.1 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL POLVO DE CARBÓN

### **4 CLASIFICACIÓN EN CONDICIONES ATMOSFÉRICAS PELIGROSAS**

- 4.1 FASE 0
- 4.2 FASE 1
- 4.3 FASE 2
- 4.4 FASE 3
- 4.5 FASE 4
- 4.6 FASE 5
- 4.7 FASE 6

### **5 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO**

- 5.1 PREPARACIONES
- 5.2 ARRANQUE
- 5.3 TRANSPORTE Y SERVICIOS GENERALES
- 5.4 MANTENIMIENTO

### **6 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS**

- 6.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS TAREAS EN LAS QUE ESTAN PRESENTE EL RIESGO DE EXPLOSIÓN
- 6.2 EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DE EXPLOSIÓN IDENTIFICADOS Y MEDIDAS ESPECÍFICAS REQUERIDAS

### **7 MEDIDAS GENERALES REQUERIDAS**

- 7.1 MEDIDAS TÉCNICAS
- 7.2 MEDIDAS ORGANIZATIVAS

**ANEXO A: REFERENCIAS A LEGISLACIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS APLICADAS**

**ANEXO B: DISPOSICIONES INTERNAS DE SEGURIDAD Y NORMAS DE SEGURIDAD RELATIVAS A LA PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN DE EXPLOSIONES**

**ANEXO C: REGISTRO DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE GRISÚ**

**ANEXO D: REGISTRO DE LAS MEDIDAS DE CONCENTRACIÓN DE POLVO**

**ANEXO E: ESQUEMAS ATEX DE INSTALACIONES ELECTRICAS**

**ANEXO F: MODELO PARA LA PETICIÓN DE PERMISOS PARA LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS ESPECIALES CON PELIGROSIDAD DE EXPLOSIÓN**

**ANEXO G: PLAN DE EMERGENCIA**

## **1 ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO**

### **1.1 EXPLOTACIÓN POR SUTIRAJE CON SUBNIVELES**

El método consiste en el trazado de galerías o subniveles en capa, prácticamente horizontales, distanciados en altura según las características del carbón y buzamiento de la capa, para posteriormente realizar el sutiraje en retirada. El carbón de la corona se disgrega mediante disparo con explosivo de seguridad, y después se recupera por sutiraje sobre un transportador blindado a través de aberturas practicadas en la guarnición del sostenimiento. En esta fase, el frente se desplaza hacia la entrada del nivel; los huecos de la explotación se hundén. El acceso a los niveles se hace mediante recortes a la capa, a una distancia de unos 20 metros. El avance de los niveles, se inicia a partir de los recortes en dos sentidos (dos ramas en fondo de saco). El plano tiene ventilación primaria y está situado entre dos plantas.

### **1.2 CONSTRUCCIÓN DEL PLANO**

Para la explotación de la capa por el método de sutiraje con subniveles es necesaria la construcción de un plano en roca al muro de la capa, entre las dos plantas. Su construcción comprende la ejecución ascendente del plano mediante explosivos hasta la sección correspondiente a cuadro metálico 2UA (9 m<sup>2</sup>), fortificada con perfil tipo THN. Su longitud es de 120 metros con 40º de pendiente. Además se realizarán cinco recortes horizontales desde este plano a la capa, de la misma sección y tipo de fortificación. Al tiempo que se realiza la excavación ascendente, y unos metros por detrás se procede al equipado del pozo, consistente en la división del mismo en tres zonas:

- La primera de 1,00 metro de ancho hasta el hastial más cercano a la capa, sirve para el transporte, del carbón por gravedad. Está cubierta por chapas en el suelo y en el lateral.
- Otra zona de 1,00 metro en el hastial opuesto, para circulación de personal, equipada con peldaños y pasamanos de madera.
- La zona central para transporte de materiales y colocación de tuberías de ventilación.

Estas tres zonas se dividen por perfiles rectos THN, arriostrados con dos tresillones por perfil. Desde el plano se realizarán recortes a la capa, empleando para su ejecución pala neumática o escrapper. En el hastial del plano opuesto a los recortes de acceso a capa se ejecutarán otros dos recortes de 5 metros de longitud que servirán como lugar para ubicar cofres y equipos eléctricos (nichos).

### **1.3 EXPLOTACIÓN**

Los paneles de explotación están definidos por la altura total, la altura entre subniveles (llave de carbón) y la longitud de los mismos. La altura del panel en esta zona es de unos 93 metros, y el buzamiento medio de la capa es de aproximadamente 61°. Este panel se explota con cinco subniveles a intervalos aproximadamente iguales, la altura de llave será de unos 18 metros. La longitud de los niveles sobre la capa es de unos 225 metros entre ambos sentidos, este y oeste. El avance del nivel se realizará con minador guiando la capa a nivel con pendiente ligeramente ascendente, a una distancia de posteo de 1,10 metros, y en sección normalizada 2UA. El avance de los recortes se realizará mediante voladura y escrapper. Se determinará al menos una concentración de gas en capa para cada subnivel.

El deshulle se realizará por el método normal de subniveles, disparando una corona de tiros dispuestos en abanico y abriendo la guarnición del sostenimiento. La perforación de los barrenos se realizará con máquinas perforadoras neumáticas con o sin columnas de sujeción, y barrenas helicoidales empalmables. El explosivo a utilizar será de seguridad Nº 20 S.R. con una densidad lineal de carga de hasta 1 kg/m de barreno, en cartuchos de 0,032 metros de diámetro, empleo de cordón detonante antigrisú a lo largo de todo el barreno, excepto en la zona de retacado, tubos omega para facilitar la carga, espaciado del explosivo y empleo de dos detonadores instantáneos, uno al principio y otro al final del cordón detonante, dentro de cada barreno.

#### **1.4 TRANSPORTE DE CARBÓN Y DE MATERIAL**

En los subniveles y recortes, el transporte de carbón se hace mediante transportador blindado. En los niveles, los pánceres de nivel vierten el carbón a otro pancer de 0,5 metros de ancho situado en el recorte, que a su vez vierte el carbón sobre el chapeo instalado en el plano en roca, que lo conduce por gravedad a la planta base, la cual forma parte del circuito general de extracción de carbón en plantas nuevas.

El transporte de material se realiza mediante un contenedor (canao) movido por un cable y cabrestante de accionamiento neumático, para poder desplazar por el plano los equipos (reductores, motores, cofres, etc.).

## 2 CÁLCULOS GASOMÉTRICOS

Los cálculos detallados a continuación están descritos en la legislación o en la normativa vigente y permiten cuantificar y evaluar la posibilidad de presencia de atmósferas explosivas durante la operación, permitiendo dimensionar las medidas de protección necesarias.

### 2.1 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE GAS EN CAPA Y DE LA VELOCIDAD DE DESORCIÓN

Para la determinación de la concentración de gas en capa y la velocidad de desorción se ha seguido la normativa siguiente:

- Especificación Técnica 0307-2-92: Método de medida de la velocidad de desorción del metano.
- Especificación Técnica 0308-5-92: Método de medida de la concentración de grisú en capa.

El procedimiento de medida de la concentración de grisú en la capa de carbón se establece en la Especificación Técnica 0308-5-92 del Ministerio de Industria. Ésta concentración es definida como la cantidad de gas que se desorbe del carbón desde el momento en que es arrancado hasta después de ser molido en un recipiente estanco, en atmósfera de metano a un bar. La concentración desorbible de grisú se expresa en metros cúbicos de gas desprendido por tonelada de carbón libre de cenizas ( $m^3/tp$ ).

La base del método es la toma de muestras de carbón en capa a intervalos de un metro en un sondeo de 10 a 12 metros, midiendo el desprendimiento de metano en la toma de muestra ( $Q_1$ ), durante el transporte al laboratorio ( $Q_2$ ) y durante la molienda ( $Q_3$ ).

**CONCENTRACIÓN DE GRISÚ EN CAPA. NIVEL X**

SONDEO:

FECHA:

DATOS GENERALES

DATOS DE MINA

DATOS DE LABORATORIO

LABOR: NIVEL X

PRESIÓN (mmHg): 788.3

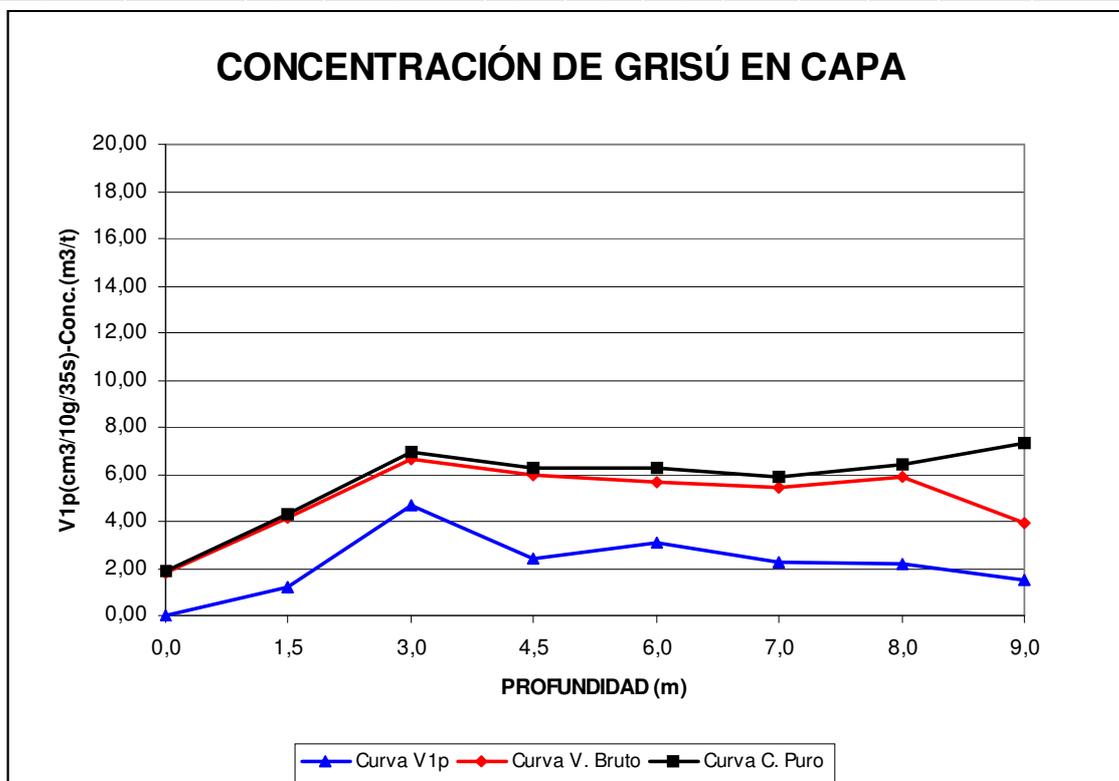
PRESIÓN (mmHg): 757.0

TEMPERATURA (°C): 18.0

TEMPERATURA (°C): 5.0

GRISÚ EN MINA (%): 0.4

PROFUNDIDAD (m)	q (cm <sup>3</sup> /35s)	Q1 (cm <sup>3</sup> )	V1p (cm <sup>3</sup> /35s/10g)	GRISU (%)	Q2 (cm <sup>3</sup> )	Q' 3 (cm <sup>3</sup> )	Q3 (cm <sup>3</sup> )	m (g)	m' (g)	CB (m <sup>3</sup> /tb)	CENIZAS (%)	C (m <sup>3</sup> /t)
0,0	0,00	0,00	0,00	0,90	5,05	11,00	11,06	9,04	9,04	1,78	5,42	1,89
1,5	1,20	4,08	1,23	2,65	23,11	13,00	13,07	9,76	9,76	4,13	3,23	4,28
3,0	4,60	15,64	4,69	3,80	35,34	14,00	14,07	9,80	9,80	6,64	3,87	6,93
4,5	2,50	8,50	2,40	3,75	34,81	19,00	19,10	10,41	10,41	5,99	4,06	6,27
6,0	3,20	10,88	3,11	3,70	34,27	13,00	13,07	10,30	10,30	5,65	8,78	6,26
7,0	2,20	7,48	2,24	3,45	31,59	14,00	14,07	9,84	9,84	5,40	7,88	5,91
8,0	2,20	7,48	2,20	3,40	31,06	20,00	20,11	10,02	10,02	5,85	7,82	6,40
9,0	1,80	6,12	1,49	2,65	23,11	18,00	18,09	12,10	12,10	3,91	42,10	7,29



**En el Anexo B se recogen los registros de los niveles de concentración de grisú medidos en los puntos donde se sitúan los metanómetros.**

## 2.2 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESPRENDIMIENTO DE GRISÚ EN EL AVANCE Y EN EL SUTIRAJE

### Datos geométricos de la explotación

<i>Sección del subnivel. (m<sup>2</sup>)</i>	<i>s</i>	<i>9.00</i>
<i>Radio equivalente. (m)</i>	<i>Re=(s/π)<sup>1/2</sup></i>	<i>1.69</i>
<i>Radio de influencia. (m)</i>	<i>Ri=6·Re</i>	<i>10.16</i>
<i>Número de capas situadas a menos de Ri.</i>	<i>n</i>	<i>0.00</i>
<i>Número de capas situadas a menos de 100m.</i>	<i>n<sub>100</sub></i>	<i>1</i>
<i>Potencia de la capa explotada. (m)</i>	<i>Pc</i>	<i>3.30</i>

### Datos de la capa explotada

<i>Concentración de grisú inicial. (m<sup>3</sup>/t)</i>	<i>Ci</i>	<i>3.00</i>
<i>Concentración de grisú en el transporte. (m<sup>3</sup>/t)</i>	<i>Ct=Ci/2</i>	<i>1.50</i>
<i>Concentración de grisú residual. (m<sup>3</sup>/t)</i>	<i>Cr=Ci/4</i>	<i>0.75</i>
<i>% Cenizas.</i>	<i>Ce</i>	<i>45.00</i>
<i>Densidad. (t/m<sup>3</sup>)</i>	<i>d<sub>d</sub></i>	<i>1.70</i>

### Datos de las capas adyacentes

		<i>Capa</i>	<i>Capa</i>	<i>Capa</i>
<i>Denominación de las capas</i>		<i>Z</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>Concentración de grisú inicial de las capas. (m<sup>3</sup>/t)</i>	<i>Cj</i>	<i>4.50</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>Distancias al subnivel. (m)</i>	<i>dj</i>	<i>90.00</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>Grado de desgasificación</i>	<i>g<sub>j</sub>=e<sup>-0.05·dj</sup></i>	<i>0.01</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>% Cenizas</i>	<i>Cej</i>	<i>40.00</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>Densidad</i>	<i>d<sub>dj</sub></i>	<i>1.70</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>Potencias (m)</i>	<i>Pj</i>	<i>1.50</i>	<i>-</i>	<i>-</i>

## Avance del subnivel

### Cálculo del desprendimiento específico de grisú en el avance

El desprendimiento específico de grisú se calcula mediante la fórmula:

$$S = (Gt / P) \cdot f \quad (\text{m}^3 / \text{tp})$$

Gt: Grisú total desprendido

P: Producción de carbón puro prevista por metro de avance

f: Coeficiente de periodos improductivos

Para ello se calculará previamente P y Gt.

### Cálculo de la producción de carbón puro prevista en el avance, P

La producción de carbón puro prevista por cada metro de avance del mismo, se calcula:

$$P = \text{altura} \cdot P_c \cdot d_d \cdot (1 - (C_e/100))$$

Altura (m): 3.00

$$P = 9,26 \text{ tp/m}$$

### Cálculo del grisú total desprendido, Gt

$$Gt = G_{ca} + G_{zi} \quad (\text{m}^3/\text{m})$$

Gca : Gas procedente del carbón arrancado. (m<sup>3</sup>/m)

Gzi: Gas procedente de la zona influenciada. (m<sup>3</sup>/m)

*Gas procedente del carbón arrancado, Gca*

$$G_{ca} = P \cdot (C_i - C_t)$$

$$G_{ca} = 13,88 \text{ m}^3/\text{m}$$

*Gas procedente de la zona influenciada, Gzi*

$$G_{zi} = 1,25 \cdot (M_c \cdot C_d + \sum_j (m_{c_j} \cdot g_j \cdot C_j)) \quad (\text{m}^3/\text{m})$$

Para que exista influencia de capas adyacentes en el avance éstas deben estar situadas dentro del radio de influencia (10,16 m). Como la capa adyacente más próxima está a 90 m, se considera que no existen capas adyacentes de influencia en el avance. Por tanto:

$$G_{zi} = 1,25 \cdot M_c \cdot C_d \quad (\text{m}^3/\text{m})$$

Mc: Masa de carbón influenciada en la capa explotada

Cd: Gas desprendido de la zona influenciada en la capa explotada

*Gas desprendido de la zona influenciada en la capa explotada, Cd*

$$Cd = Ci - Cr \text{ (m}^3\text{/tp)}$$

$$Cd = 2,25 \text{ m}^3\text{/tp}$$

*Masa de carbón influenciada en la capa explotada, Mc*

$$Mc = Pc \cdot d_d \cdot L \cdot (1 - (Ce/100)) \text{ (tp/m)}$$

$L = 2 \cdot Ri$ , longitud influenciada en la propia capa

$$Mc = 62,67 \text{ tp/m}$$

Por tanto:

$$Gzi = 176,26 \text{ m}^3\text{/m}$$

Con lo que el grisú total desprendido es:

$$Gt = 190,14 \text{ m}^3\text{/m}$$

Resultando el desprendimiento específico de grisú en el avance:

$$S = (Gt / P) \cdot f \text{ (m}^3\text{ / tp)}$$

con:

Relevos de avance	f
1	7/3
2	7/5
3	1

Tomando para el factor f el valor 7/5 tenemos:

$$S = 28,76 \text{ m}^3\text{/tp}$$

## Sutiraje de la llave de carbón

### Cálculo del desprendimiento específico de grisú en el sutiraje

El desprendimiento específico de grisú se calcula mediante la fórmula:

$$S = (G_T / P) \cdot f \text{ (m}^3 \text{ / tp)}$$

Siendo:

$$G_T = (1 - H) \cdot G_t$$

P: Producción de carbón puro prevista

f: Coeficiente de periodos improductivos

H: Tanto por uno del gas total que fuga por el hundido

G<sub>t</sub>: Grisú total desprendido

Para ello se calculara previamente P y G<sub>t</sub>.

### Cálculo de la producción de carbón puro prevista en el sutiraje, P

La producción de carbón puro prevista por cada metro de avance del sutiraje, se calcula considerando un prisma recto de sección cuadrada (altura del macizo a sutirar por la potencia de la capa). Se estima que el carbón sutirado equivale a un macizo de a lo sumo 16 metros, resultando:

$$P = \text{macizo} \cdot P_c \cdot d_d \cdot (1 - (C_e/100))$$

Macizo (m): 13,00

$$P = 40,11 \text{ t}$$

### Cálculo del grisú total desprendido, G<sub>t</sub>

$$G_t = G_{ca} + G_{zi} \text{ (m}^3 \text{/m)}$$

G<sub>ca</sub> : Gas procedente del carbón arrancado. (m<sup>3</sup>/m)

G<sub>zi</sub>: Gas procedente de la zona influenciada. (m<sup>3</sup>/m)

*Gas procedente del carbón arrancado, G<sub>ca</sub>*

$$G_{ca} = P \cdot (C_i - C_t)$$

$$G_{ca} = 60,17 \text{ m}^3 \text{/m}$$

*Gas procedente de la zona influenciada, Gzi*

$$Gzi = 1,25 \cdot (Mc \cdot Cd + \sum_j (mc_j \cdot g_j \cdot C_j)) \quad (m^3/m)$$

Siendo:

Mc: Masa de carbón influenciada en la capa explotada

Cd: Gas desprendido de la zona influenciada en la capa explotada

mc<sub>j</sub>: Masa de carbón influenciada en cada una de las capas adyacentes

Con:

$$Mc = Pc \cdot d_d \cdot L \cdot (1 - (Ce/100)) \quad (tp/m)$$

$$Cd = Ci - Cr \quad (m^3/tp)$$

$L = 2 \cdot Ri$ , Longitud influenciada en la propia capa tomando como mínimo un valor de 13m

$$mc_j = P_j \cdot d_{dj} \cdot l_j \cdot (1 - (Ce_j/100)) \quad (tp/m)$$

$l_j$ : Longitud influenciada en las capas adyacentes, se puede tomar como la altura entre las soleras de los subniveles

*Gas desprendido de la zona influenciada en la capa explotada, Cd*

$$Cd = 2,25 m^3/tp$$

*Masa de carbón influenciada en la capa explotada, Mc*

$$Mc = 62,67 tp/m$$

Si tomamos:

$$l_j (m) = 16$$

	Capa	Capa	Capa
Denominación capas	Z		
mc <sub>j</sub> (tp/m)	24,48		

Por lo tanto:

$$Gzi = 1,25 \cdot (Mc \cdot Cd + \sum_j (mc_j \cdot g_j \cdot C_j)) \quad (m^3/m)$$

$$Gzi = 177,79 m^3/m$$

Con lo que:

$$G_t = G_{ca} + G_{zi} \text{ (m}^3\text{/m)}$$

$$G_t = 237,95 \text{ m}^3\text{/m}$$

Ahora bien :

$$G_T = (1 - H) \cdot G_t$$

H: tanto por uno del gas total que fuga por el hundido.

Si tomamos:

$$H = 0,00$$

Tendremos:

$$G_T = 237,95 \text{ m}^3\text{/m}$$

Resultando el desprendimiento específico de grisú en el sutiraje:

$$S = (G_T / P) \cdot f \text{ (m}^3\text{ / tp)}$$

Con:

Relevos de avance	f
1	7/3
2	7/5
3	1

Tomando para el factor f el valor 7/5 tenemos:

$$S = 8,31 \text{ m}^3\text{/tp}$$

### 3 CONCENTRACIÓN DE POLVO

Los análisis detallados a continuación se han realizado según la normativa vigente y permiten cuantificar y evaluar la posibilidad de presencia de atmósferas explosivas de polvo durante la operación, permitiendo dimensionar las medidas de protección necesarias.

#### 3.1 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL CARBÓN

**PROCEDENCIA:** CAPA Nº X

**TIPO:** HULLA

**CARACTERÍSTICAS:** Carbón tierra y pizarra carbonosa estratificada en venas

**Dureza:** BAJA

**Derrababilidad:** ALTA

ANÁLISIS ELEMENTAL				
MUESTRA	CARBONO (%)	HIDRÓGENO (%)	AZUFRE (%)	CO <sub>2</sub> (%)
NIVEL 5	43,66	3,01	0,84	1,51
NIVEL 4	42,45	3,15	0,78	1,46
NIVEL 3	44,54	3,45	0,77	1,35
NIVEL 2	43,12	3,40	0,69	1,40
NIVEL 1	41,54	3,77	0,65	1,32

<b>ANÁLISIS INMEDIATO</b>				
<b>MUESTRA</b>	<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>CENIZAS (%)</b>	<b>M.VOLÁTILES (%)</b>	<b>VOL.CORREG. (%)</b>
<b>NIVEL 5</b>	1,55	41,70	23,20	21,84
<b>NIVEL 4</b>	1.46	40,45	21,22	20,65
<b>NIVEL 3</b>	1,35	39,54	22,32	19,45
<b>NIVEL 2</b>	1,45	37,45	29,56	26,98
<b>NIVEL 1</b>	1,30	40,26	25,45	24,44

<b>SENSIBILIDAD A LA INFLAMACIÓN</b>				
<b>MUESTRA</b>	<b>TMIc (°C)</b>	<b>TMIIn (°C)</b>	<b>CME (g/m<sup>3</sup>)</b>	<b>EMI (mJ)</b>
<b>NIVEL 5</b>	300	590	NI	NI
<b>NIVEL 4</b>	310	600	NI	NI
<b>NIVEL 3</b>	300	590	NI	NI
<b>NIVEL 2</b>	310	590	NI	NI
<b>NIVEL 1</b>	300	600	NI	NI

NI = No se produce ignición en el ensayo

**TMIc (°C):** Temperatura mínima de ignición en capa

**TMIIn (°C):** Temperatura mínima de ignición en nube

**CME (g/m<sup>3</sup>):** Concentración mínima explosiva

**EMI (mJ):** Energía mínima de ignición

**En el ANEXO C se recogen los registros de los niveles de concentración de polvo medidos in situ en las zonas de mayor empolvamiento previsto según avanzan las labores.**

#### 4 CLASIFICACIÓN EN CONDICIONES ATMOSFÉRICAS PELIGROSAS

*El dimensionamiento de la ventilación secundaria necesaria en función de la estimación del desprendimiento de grisú está incluido en el apartado 7.1 sobre medidas técnicas generales y ha constituido el paso previo a la clasificación en condiciones atmosféricas peligrosas que se realizará a continuación.*

En terminología minera la palabra “zona” no se utiliza, esto se hace de forma intencionada, ya que dicho concepto es usado para definir un espacio de dimensiones específicas y fijas alrededor de una instalación industrial.

Los emplazamientos peligrosos se clasificarán como sigue:

- a) Situaciones atmosféricas con riesgo de explosiones
- b) Situaciones atmosféricas sin riesgo de explosiones

Las situaciones atmosféricas con riesgo de explosión se presentan cuando se cumple alguna de las condiciones siguientes:

**Condiciones de peligro 1 (atmósfera explosiva):** Estas condiciones se dan en partes subterráneas de minas e instalaciones asociadas de superficie de dichas minas que están amenazadas por grisú y/o polvo inflamable. Se incluyen explotaciones subterráneas donde la concentración de grisú en el aire oscila entre el Límite Inferior de Explosividad (LIE) y el Límite Superior de Explosividad (LSE).

**Condiciones de peligro 2 (atmósfera potencialmente explosiva):** Estas condiciones se dan en partes de las minas subterráneas e instalaciones asociadas de superficie de dichas minas que pueden llegar a estar amenazadas por grisú y/o polvo inflamable. Se incluyen explotaciones subterráneas donde la concentración de grisú en el aire se encuentra fuera del intervalo de explosividad.

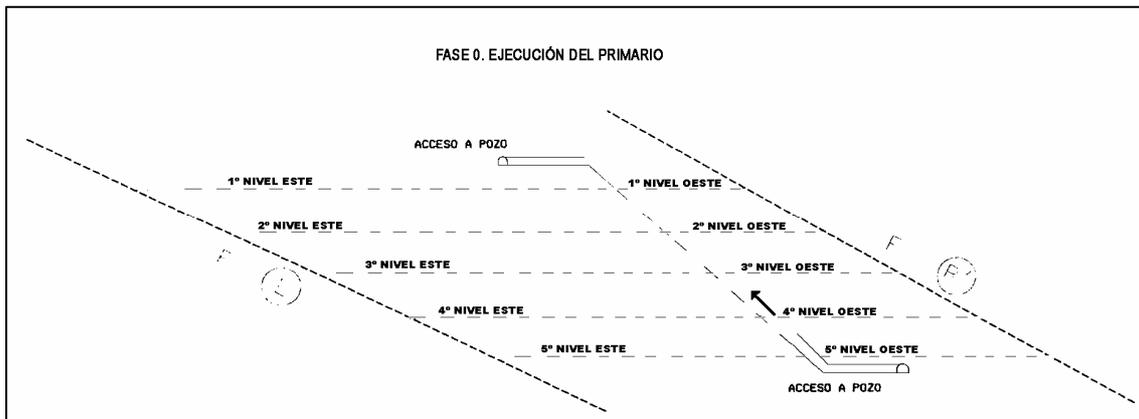
Las situaciones atmosféricas sin riesgo de explosión se dan en las minas y explotaciones subterráneas donde no es posible que se de una atmósfera potencialmente explosiva.

En general dicha condición atmosférica sin riesgo comprende los pozos con entrada de aire limpio y las zonas de ventilación continuada en el entorno del fondo de estos pozos, así como las galerías de entrada de aire limpio que no se vean afectadas por emanaciones de grisú y/o polvo procedentes de explotaciones antiguas o por avenidas incontroladas de grisú y/o polvo, causadas por retrocesos en la ventilación de las explotaciones limítrofes.

En los esquemas siguientes se adjunta la secuencia de explotación teniendo en cuenta los tiempos de avance y sutiraje.

La clasificación en condiciones atmosféricas peligrosas se realizara para cada una de las fases de la secuencia de explotación.

## 4.1 FASE 0: EJECUCIÓN DEL PRIMARIO Y LOS RECORTES



El Pozo Primario se excava en roca con explosivos en ejecución ascendente desde la planta base. A la vez que se asciende se va equipando el pozo y avanzando los correspondientes recortes con explosivos y escrapper a los cinco niveles previstos.

En la zona de influencia de la excavación se encuentra la capa a explotar y, por tanto, es posible un pequeño desprendimiento de grisú en el avance del primario que en condiciones normales de operación nunca llega a entrar en el rango de explosividad.

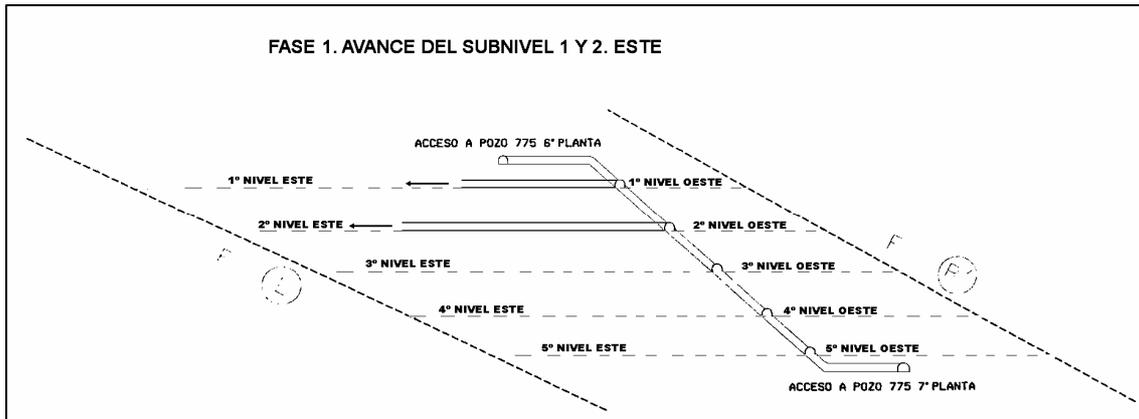
Por tanto:

**FASE 0: CONDICIÓN PELIGROSA 2**

### Zonas físicas que comprende la FASE 0 en orden de ejecución de labores

ESTADO	ZONA	CLASIFICACIÓN
EN EJECUCION	Acceso inferior a pozo primario	Condición peligrosa 2
EN EJECUCION	Pozo primario. Tramo: Acceso inferior - Recorte 5º Nivel	Condición peligrosa 2
EN EJECUCION	Recorte 5º Nivel	Condición peligrosa 2
EN EJECUCION	Pozo primario. Tramo: Recorte 5º Nivel - Recorte 4º Nivel	Condición peligrosa 2
EN EJECUCION	Recorte 4º Nivel	Condición peligrosa 2
EN EJECUCION	Pozo primario. Tramo: Recorte 4º Nivel - Recorte 3º Nivel	Condición peligrosa 2
EN EJECUCION	Recorte 3º Nivel	Condición peligrosa 2
EN EJECUCION	Pozo primario. Tramo: Recorte 3º Nivel - Recorte 2º Nivel	Condición peligrosa 2
EN EJECUCION	Recorte 2º Nivel	Condición peligrosa 2
EN EJECUCION	Pozo primario. Tramo: Recorte 2º Nivel - Recorte 1º Nivel	Condición peligrosa 2
EN EJECUCION	Recorte 1º Nivel	Condición peligrosa 2
EN EJECUCION	Pozo primario. Tramo: Recorte 1º Nivel - Acceso superior	Condición peligrosa 2

## 4.2 FASE 1: AVANCE DEL SUBNIVEL 1 Y 2. ESTE



En la Fase 1 se realiza el avance de las alas este de los dos primeros niveles. Ejecutando el avance del nivel superior retrasado unos metros del nivel inferior por motivos de estabilidad.

En el apartado 2.2 de este documento se realiza el cálculo del nivel de grisú desprendido en el avance y en el apartado 7.1 el cálculo de la ventilación a instalar para mantener ese nivel fuera de los rangos de explosión. Por tanto, en condiciones normales de operación no es previsible que el nivel de grisú entre en su rango de explosividad.

Por tanto:

**FASE 1 (EJECUCIÓN EN CONDICIONES NORMALES): **CONDICIÓN PELIGROSA 2****

El avance de las capas de carbón se realiza con MINADOR continuo, aunque la zona de la cabeza de corte del minador es de especial peligrosidad, en condiciones normales de operación, es decir, con la ventilación secundaria y los sistemas de refrigeración de la cabeza de corte operando de manera normal se consigue que no se alcance el rango de explosividad. Aún así esta zona se tratará por separado del resto de la galería de avance.

Por tanto:

**FASE 1-ZONA CABEZA DE CORTE DEL MINADOR: **CONDICIÓN PELIGROSA 2****

Las zonas en ejecución en la fase de avance del subnivel 1 y 2 Este están situadas en fondos de saco que en condiciones normales de ventilación estarán fuera del rango de explosión, es decir, se clasifican como Condición Peligrosa 2 para estas condiciones.

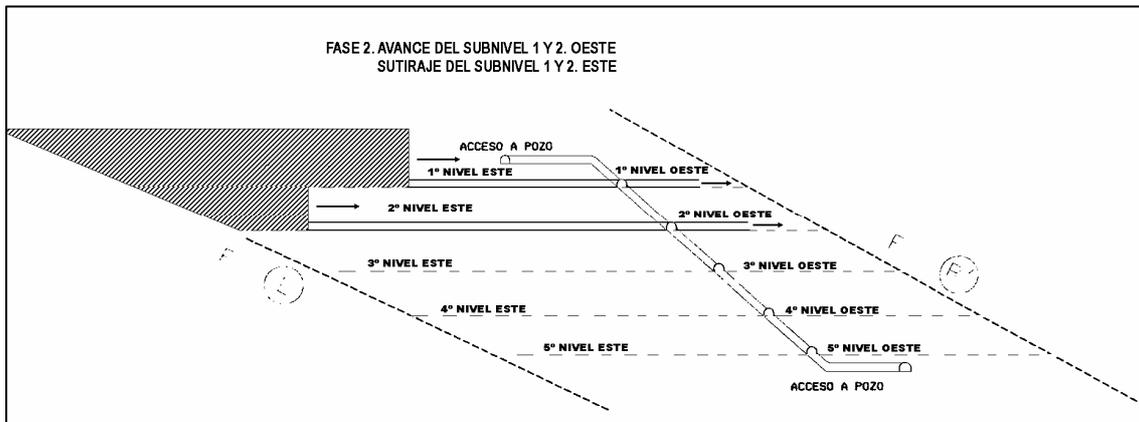
En condiciones de parada programada o de fallo de la ventilación secundaria la evolución de la concentración de grisú en el techo de la zona del frente de las galerías de avance ira en aumento progresivamente hasta alcanzarse condiciones de peligrosidad de grado 1.

**FASE 1 (PARADA PROGRAMADA O FALLO): CONDICIÓN PELIGROSA 1**

**Zonas físicas que comprende la FASE 1 en orden de ejecución de labores**

ESTADO	ZONA	CLASIFICACIÓN
FINALIZADO EN FASE 0	Acceso inferior a pozo primario	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Acceso inferior - Recorte 5º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Recorte 5º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 5º Nivel - Recorte 4º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Recorte 4º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 4º Nivel - Recorte 3º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Recorte 3º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 3º Nivel - Recorte 2º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Recorte 2º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 2º Nivel - Recorte 1º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Recorte 1º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 1º Nivel - Acceso superior	Condición peligrosa 2
EN EJECUCION	Subnivel 2 Este. Galería de Avance	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 2 Este. Galería de Avance	Condición peligrosa 1
EN EJECUCION	Subnivel 2 Este. Avance. Zona cabeza de corte Minador	Condición peligrosa 2
EN EJECUCION	Subnivel 1 Este. Galería de Avance	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 2 Este. Galería de Avance	Condición peligrosa 1
EN EJECUCION	Subnivel 1 Este. Avance. Zona cabeza de corte Minador	Condición peligrosa 2

### 4.3 FASE 2: AVANCE DEL SUBNIVEL 1 Y 2. OESTE. SUTIRAJE DEL SUBNIVEL 1 Y 2. ESTE



En la Fase 2 se realiza el avance de las alas oeste de los dos primeros niveles. Ejecutando el avance del nivel superior retrasado unos metros del nivel inferior por motivos de estabilidad. Así mismo se sutiran las alas este ya avanzadas de estos mismos niveles.

Al nivel de grisú desprendido en el avance tendremos que sumar el nivel de grisú desprendido en el sutiraje. Como expresan los cálculos del apartado 7.1 en condiciones normales de operación estos niveles son diluidos por la ventilación secundaria a menos de 1,5% V/V, fuera del rango de explosividad.

Por tanto:

**FASE 2 (EJECUCIÓN EN CONDICIONES NORMALES): CONDICIÓN PELIGROSA 2**

Al igual que en la fase anterior para las fases de avance con MINADOR continuo tendremos condiciones peligrosas de tipo 2 en las proximidades de la cabeza de corte de la máquina.

Por tanto:

**FASE 2-ZONA CABEZA DE CORTE DEL MINADOR: CONDICIÓN PELIGROSA 2**

En condiciones de parada programada o de fallo de la ventilación secundaria la evolución de la concentración de grisú en el techo de la zona del frente de las

galerías de avance y de las galerías en sutirage ira en aumento progresivamente hasta alcanzarse condiciones de peligrosidad de grado 1.

**FASE 2 (PARADA PROGRAMADA O FALLO): CONDICIÓN PELIGROSA 1**

Igualmente, para los niveles en sutiraje se dan ciertas condiciones especiales que deben ser consideradas como condiciones con peligrosidad de primer grado.

Estas condiciones se dan en los huecos que deja el carbón después de su hundimiento. Cuando el carbón derrabado se esta retirando en condiciones normales, la ventilación barre el grisú de estos huecos no permitiendo que se alcance el rango de explosividad. Sin embargo, suele ser frecuente la formación de viseras no derrabadas que no permiten una correcta ventilación del fondo de saco en las cuales pueden formarse zonas con concentración explosiva de grisú operando en condiciones normales, por tanto estas zonas serán consideradas como zonas con atmósferas de condición peligrosa 1 pues se trata de zonas con atmósferas incontroladas, en las que no se sabe con seguridad como se está realizando la dilución del grisú.

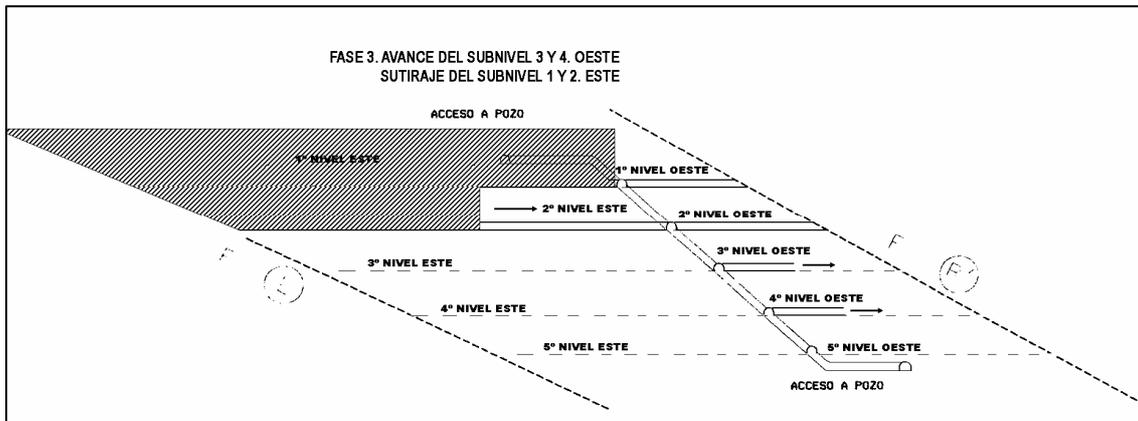
Por tanto:

**FASE 2-HUECO EN EL HUNDIDO: CONDICIÓN PELIGROSA 1**

**Zonas físicas que comprende la FASE 2 en orden de ejecución de labores**

<b>ESTADO</b>	<b>ZONA</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
FINALIZADO EN FASE 0	Acceso inferior a pozo primario	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Acceso inferior - Recorte 5º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Recorte 5º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 5º Nivel - Recorte 4º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Recorte 4º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 4º Nivel - Recorte 3º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Recorte 3º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 3º Nivel - Recorte 2º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Recorte 2º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 2º Nivel - Recorte 1º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Recorte 1º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADO EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 1º Nivel - Acceso superior	Condición peligrosa 2
EN EJECUCION	Subnivel 1 Este. Sutrache	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 1 Este. Sutrache	Condición peligrosa 1
EN EJECUCION	Subnivel 1 Este. Sutrache .Zona de hueco en el hundido	Condición peligrosa 1
EN EJECUCION	Subnivel 2 Este. Sutrache	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 2 Este. Sutrache	Condición peligrosa 1
EN EJECUCION	Subnivel 2 Este. Sutrache .Zona de hueco en el hundido	Condición peligrosa 1
EN EJECUCION	Subnivel 2 Oeste. Avance	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 2 Oeste. Avance	Condición peligrosa 1
EN EJECUCION	Subnivel 2 Oeste. Avance. Zona cabeza de corte Minador	Condición peligrosa 2
EN EJECUCION	Subnivel 1 Oeste. Avance	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 1 Oeste. Avance	Condición peligrosa 1
EN EJECUCION	Subnivel 1 Oeste. Avance. Zona cabeza de corte Minador	Condición peligrosa 2

#### 4.4 FASE 3: AVANCE DEL SUBNIVEL 3 Y 4. OESTE. SUTIRAJE DEL SUBNIVEL 1 Y 2. ESTE



En la Fase 3 se realiza el avance de las alas oeste de los niveles tres y cuatro. Así mismo se finaliza el sutiraje de las alas este de los niveles 1 y 2.

Al igual que en la fase anterior tenemos desprendimiento de grisú en el avance y en el sutiraje, diluido en condiciones normales de operación, a niveles por debajo del 1,5% V/V de grisú. En caso de parada programada o fallo de la ventilación secundaria se pueden alcanzar niveles por encima del 5% V/V. Al igual que en la fase anterior tendremos los casos especiales en la zona de la cabeza de corte del minador (condición peligrosa 2) y en la zona del hueco en el hundido (condición peligrosa 1).

Por tanto:

**FASE 3 (EJECUCIÓN EN CONDICIONES NORMALES): CONDICIÓN PELIGROSA 2**

**FASE 3 (PARADA PROGRAMADA O FALLO): CONDICIÓN PELIGROSA 1**

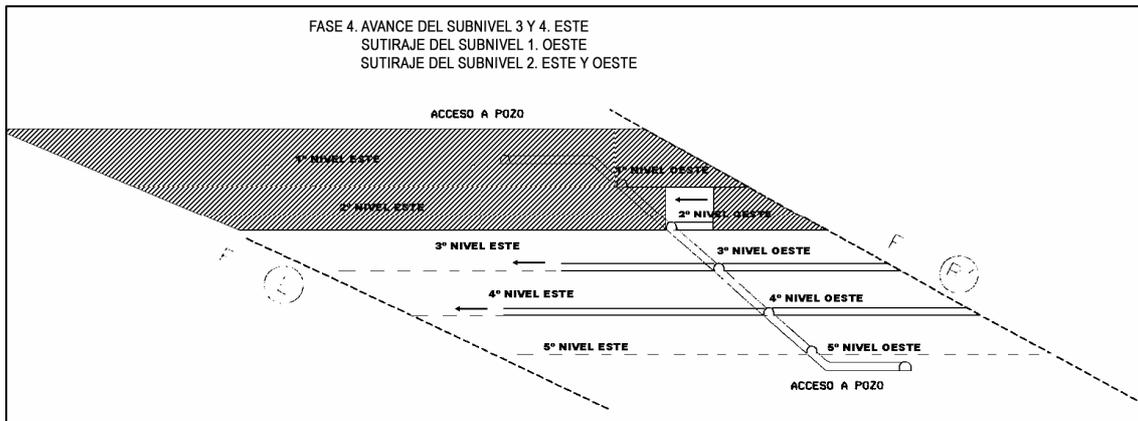
**FASE 3-ZONA CABEZA DE CORTE DEL MINADOR: CONDICIÓN PELIGROSA 2**

**FASE 3-HUECO EN EL HUNDIDO: CONDICIÓN PELIGROSA 1**

**Zonas físicas que comprende la FASE 3 en orden de ejecución de labores**

ESTADO	ZONA	CLASIFICACIÓN
FINALIZADA EN FASE 0	Acceso inferior a pozo primario	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Acceso inferior - Recorte 5º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Recorte 5º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 5º Nivel - Recorte 4º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Recorte 4º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 4º Nivel - Recorte 3º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Recorte 3º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 3º Nivel - Recorte 2º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Recorte 2º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 2º Nivel - Recorte 1º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Recorte 1º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 1º Nivel - Acceso superior	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 2	Subnivel 1 Oeste. Avanzados	Condición peligrosa 1
FINALIZADA EN FASE 2	Subnivel 2 Oeste. Avanzados	Condición peligrosa 1
EN EJECUCION	Subnivel 1 Este. Sutiraje	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 1 Este. Sutiraje	Condición peligrosa 1
EN EJECUCION	Subnivel 1 Este. Sutiraje .Zona de hueco en el hundido	Condición peligrosa 1
EN EJECUCION	Subnivel 2 Este. Sutiraje	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 2 Este. Sutiraje	Condición peligrosa 1
EN EJECUCION	Subnivel 2 Este. Sutiraje .Zona de hueco en el hundido	Condición peligrosa 1
EN EJECUCION	Subnivel 4 Oeste. Avance	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 4 Oeste. Avance	Condición peligrosa 1
EN EJECUCION	Subnivel 4 Oeste. Avance. Zona cabeza de corte Minador	Condición peligrosa 2
EN EJECUCION	Subnivel 3 Oeste. Avance	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 3 Oeste. Avance	Condición peligrosa 1
EN EJECUCION	Subnivel 3 Oeste. Avance. Zona cabeza de corte Minador	Condición peligrosa 2

#### 4.5 FASE 4: AVANCE DEL SUBNIVEL 3 Y 4. ESTE. SUTIRAJE DEL SUBNIVEL 1 .OESTE. SUTIRAJE DEL SUBNIVEL 2. ESTE Y OESTE



En la Fase 4 se realiza el avance de las alas este de los niveles tres y cuatro. Así mismo se finaliza el sutiraje del nivel 1 oeste y del nivel 2 este. También se comienza el sutiraje del nivel 2 oeste.

Al igual que en las fases anteriores tenemos desprendimiento de grisú en el avance y en el sutiraje, diluido a niveles por debajo del 1,5% V/V de grisú en condiciones normales de operación. En caso de parada programada o fallo de la ventilación secundaria se pueden alcanzar niveles por encima del 5% V/V. Al igual que en la fase anterior tendremos los casos especiales en la zona de la cabeza de corte del minador (condición peligrosa 2) y en la zona del hueco en el hundido (condición peligrosa 1).

Por tanto:

**FASE 4 (EJECUCIÓN EN CONDICIONES NORMALES): CONDICIÓN PELIGROSA 2**

**FASE 4 (PARADA PROGRAMADA O FALLO): CONDICIÓN PELIGROSA 1**

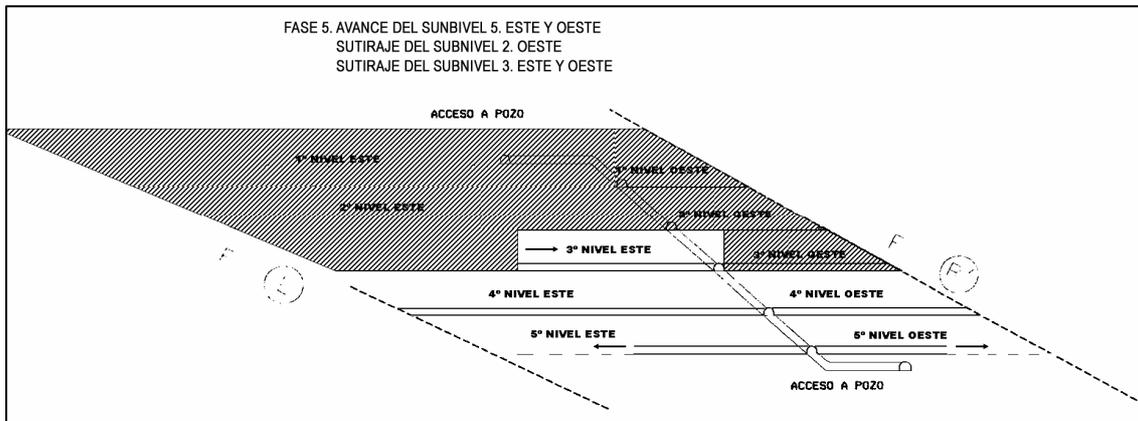
**FASE 4-ZONA CABEZA DE CORTE DEL MINADOR: CONDICIÓN PELIGROSA 2**

**FASE 4-HUECO EN EL HUNDIDO: CONDICIÓN PELIGROSA 1**

**Zonas físicas que comprende la FASE 4 en orden de ejecución de labores**

ESTADO	ZONA	CLASIFICACIÓN
FINALIZADA EN FASE 0	Acceso inferior a pozo primario	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Acceso inferior - Recorte 5º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Recorte 5º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 5º Nivel - Recorte 4º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Recorte 4º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 4º Nivel - Recorte 3º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Recorte 3º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 3º Nivel - Recorte 2º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Recorte 2º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 2º Nivel - Recorte 1º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Recorte 1º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 1º Nivel - Acceso superior	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 3	Subnivel 1 Este. Clausurado	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 3	Subnivel 3 Oeste. Avanzado	Condición peligrosa 1
FINALIZADA EN FASE 3	Subnivel 4 Oeste. Avanzado	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 1 Oeste. Sutiraje	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 1 Oeste. Sutiraje	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 1 Oeste. Sutiraje. Zona de hueco en el hundido	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 2 Este. Sutiraje	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 2 Este. Sutiraje	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 2 Este. Sutiraje. Zona de hueco en el hundido	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 2 Oeste. Sutiraje	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 2 Oeste. Sutiraje	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 2 Oeste. Sutiraje. Zona de hueco en el hundido	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 3 Este. Avance	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 3 Este. Avance	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 3 Este. Avance. Zona cabeza de corte Minador	Condición peligrosa 2
EN EJECUCIÓN	Subnivel 4 Este. Avance	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 4 Este. Avance	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 4 Este. Avance. Zona cabeza de corte Minador	Condición peligrosa 2

#### 4.6 FASE 5: AVANCE DEL SUBNIVEL 5. ESTE Y OESTE. SUTIRAJE DEL SUBNIVEL 2.OESTE. SUTIRAJE DEL SUBNIVEL 3. ESTE Y OESTE



En la Fase 5 se realiza el avance de las alas este y oeste del nivel cinco. Así mismo se finaliza el sutiraje del nivel 2 Oeste. También se comienza el sutiraje del nivel 3 este y oeste.

Al igual que en las fases anteriores tenemos desprendimiento de grisú en el avance y en el sutiraje, diluido a niveles por debajo del 1,5% V/V de grisú en condiciones normales de operación. En caso de parada programada o fallo de la ventilación secundaria se pueden alcanzar niveles por encima del 5% V/V. Al igual que en la fase anterior tendremos los casos especiales en la zona de la cabeza de corte del minador (condición peligrosa 2) y en la zona del hueco en el hundido (condición peligrosa 1).

Por tanto:

**FASE 5 (EJECUCIÓN EN CONDICIONES NORMALES): CONDICIÓN PELIGROSA 2**

**FASE 5 (PARADA PROGRAMADA O FALLO): CONDICIÓN PELIGROSA 1**

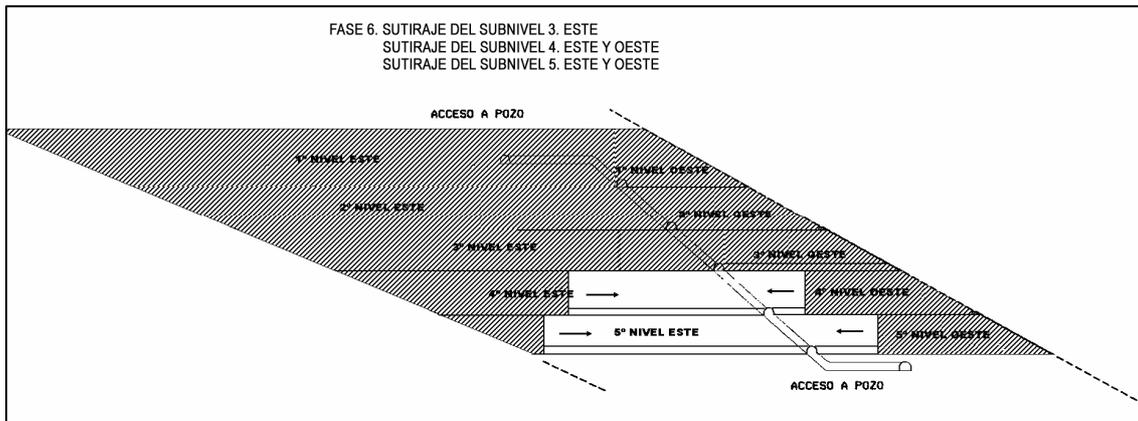
**FASE 5-ZONA CABEZA DE CORTE DEL MINADOR: CONDICIÓN PELIGROSA 2**

**FASE 5-HUECO EN EL HUNDIDO: CONDICIÓN PELIGROSA 1**

**Zonas físicas que comprende la FASE 5 en orden de ejecución de labores**

EJECUTADO EN	ZONA	CLASIFICACIÓN
FINALIZADA EN FASE 0	Acceso inferior a pozo primario	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Acceso inferior - Recorte 5º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Recorte 5º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 5º Nivel - Recorte 4º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Recorte 4º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 4º Nivel - Recorte 3º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Recorte 3º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 3º Nivel - Recorte 2º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Recorte 2º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 2º Nivel - Recorte 1º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 1º Nivel - Acceso superior	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 4	<b>1º NIVEL. Clausurado</b>	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 4	Subnivel 2 Este. Clausurado	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 4	Subnivel 4 Este. Avanzado	Condición peligrosa 1
FINALIZADA EN FASE 4	Subnivel 4 Oeste. Avanzado	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 2 Oeste. Sutiraje	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 2 Oeste. Sutiraje	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 2 Oeste. Sutiraje. Zona de hueco en el hundido	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 3 Este. Sutiraje	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 3 Este. Sutiraje	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 3 Este. Sutiraje. Zona de hueco en el hundido	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 3 Oeste. Sutiraje	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 3 Oeste. Sutiraje	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 3 Oeste. Sutiraje. Zona de hueco en el hundido	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 5 Este. Avance	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 5 Este. Avance	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 5 Este. Avance. Zona cabeza de corte Minador	Condición peligrosa 2
EN EJECUCIÓN	Subnivel 5 Oeste. Avance	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 5 Oeste. Avance	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 5 Oeste. Avance. Zona cabeza de corte Minador	Condición peligrosa 2

#### 4.7 FASE 6: SUTIRAJE DEL SUBNIVEL 3. ESTE. SUTIRAJE DEL SUBNIVEL 4. ESTE Y OESTE. SUTIRAJE DEL SUBNIVEL 5. ESTE Y OESTE.



En la Fase 6 se finaliza el sutiraje de las alas este y oeste del nivel cuatro y se finaliza el de las alas este y oeste del nivel cuatro.

En esta última fase únicamente tenemos desprendimiento de grisú en el sutiraje, diluido en condiciones normales de operación a niveles por debajo del 1,5% V/V fuera del rango de explosividad. En caso de parada programada o fallo de la ventilación secundaria se pueden alcanzar niveles por encima del 5% V/V. Al igual que en fases anteriores tendremos el caso especial de la zona del hueco en el hundido (condición peligrosa 1).

Por tanto:

**FASE 6 (EJECUCIÓN EN CONDICIONES NORMALES): CONDICIÓN PELIGROSA 2**

**FASE 6 (PARADA PROGRAMADA O FALLO): CONDICIÓN PELIGROSA 1**

**FASE 6-HUECO EN EL HUNDIDO: CONDICIÓN PELIGROSA 1**

**Zonas físicas que comprende la FASE 6 en orden de ejecución de labores**

EJECUTADO EN	ZONA	CLASIFICACIÓN
FINALIZADA EN FASE 0	Acceso inferior a pozo primario	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Acceso inferior - Recorte 5º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Recorte 5º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 5º Nivel - Recorte 4º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Recorte 4º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 4º Nivel - Recorte 3º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Recorte 3º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 3º Nivel - Recorte 2º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 2º Nivel - Recorte 1º Nivel	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 0	Pozo primario. Tramo: Recorte 1º Nivel - Acceso superior	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 4	<b>1º NIVEL. Clausurado</b>	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 5	<b>2º NIVEL. Clausurado</b>	Condición peligrosa 2
FINALIZADA EN FASE 5	Subnivel 3 Oeste. Clausurado	Condición peligrosa 2
EN EJECUCIÓN	Subnivel 3 Este. Sutiraje	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 3 Este. Sutiraje	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 3 Este. Sutiraje. Zona de hueco en el hundido	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 4 Este. Sutiraje	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 4 Este. Sutiraje	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 4 Este. Sutiraje. Zona de hueco en el hundido	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 4 Oeste. Sutiraje	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 4 Oeste. Sutiraje	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 4 Oeste. Sutiraje. Zona de hueco en el hundido	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 5 Este. Sutiraje	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 5 Este. Sutiraje	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 5 Este. Sutiraje. Zona de hueco en el hundido	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 5 Oeste. Sutiraje	Condición peligrosa 2
EN PARADA	Subnivel 5 Oeste. Sutiraje	Condición peligrosa 1
EN EJECUCIÓN	Subnivel 5 Oeste. Sutiraje. Zona de hueco en el hundido	Condición peligrosa 1

## 5 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

Existen tres turnos rotativos de trabajo.

Horario: 8.00 – 15.00 / 15:00 – 22:00 / 22:00 – 8:00.

Las tareas que comprende la ejecución del proyecto de explotación por el método de sutiraje mediante subniveles son las siguientes:

### 5.1 PREPARACIONES

<b>SERVICIO:</b>	PREPARACIONES
<b>PROCESO:</b>	Avance en estéril
<b>TAREA:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revisión del corte</li> <li>▪ Saneamiento de la labor</li> <li>▪ Correr la viga y montar la trabanca</li> <li>▪ Riesgo de escombros y carga de la pega</li> <li>▪ Completar la entibación</li> <li>▪ Embastonado y forrado del cuadro</li> <li>▪ Barrenar</li> <li>▪ Retirada de herramientas</li> </ul>

<b>SERVICIO:</b>	PREPARACIONES
<b>PROCESO:</b>	Levantamientos
<b>TAREA:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revisar la labor</li> <li>▪ Reforzar la entibación</li> <li>▪ Empiquetado</li> <li>▪ Posteo y guarnecido</li> <li>▪ Carga de escombros</li> <li>▪ Retirada de la entibación antigua</li> <li>▪ Refuerzo de la entibación</li> <li>▪ Quiebra por bóveda</li> </ul>

<b>SERVICIO:</b>	PREPARACIONES
<b>PROCESO:</b>	Artilleros
<b>TAREA:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Recepción de la dinamita</li> <li>▪ Traslado del polvorín</li> <li>▪ Distribución y transporte de explosivos</li> <li>▪ Revisar la labor y comprobar la línea de disparos</li> <li>▪ Atacado</li> <li>▪ Disparo. Petición de permisos</li> </ul>

<b>SERVICIO:</b>	PREPARACIONES
<b>PROCESO:</b>	Avance en guía
<b>TAREA:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ayudante barrenista cargando escombros</li> <li>▪ Ayudante barrenista posteando frente</li> <li>▪ Ayudante barrenista barrenando frente</li> <li>▪ Ayudante minero, carga de material</li> <li>▪ Barrenista cargando escombros</li> <li>▪ Barrenista posteando frente</li> <li>▪ Barrenista barrenando frente</li> <li>▪ Vigilante de preparación</li> </ul>

<b>SERVICIO:</b>	PREPARACIONES
<b>PROCESO:</b>	Conservación
<b>TAREA:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estajar</li> <li>▪ Entremediar</li> </ul>

<b>SERVICIO:</b>	PREPARACIONES
<b>PROCESO:</b>	Tuberos
<b>TAREA:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Colocación de tubería de ventilación</li><li>▪ Colocación de tubería de aire comprimido y agua</li></ul>

<b>SERVICIO:</b>	PREPARACIONES
<b>PROCESO:</b>	Ejecución de Primarios
<b>TAREA:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Descargar material de mesillas o vagones</li><li>▪ Cargar material en la canoa</li><li>▪ Trasladarse por el pozo</li><li>▪ Descargar material de canoa en pozo</li><li>▪ Subir material desde el tablero al corte</li><li>▪ Preparar andamio</li><li>▪ Sanear el frente (escombrar)</li><li>▪ Limpiar escombros del corte y del pozo</li><li>▪ Postear</li><li>▪ Barrenar</li><li>▪ Acondicionamiento de calle y paso de personal</li><li>▪ Colocación de tuberías</li><li>▪ Atacar el corte</li></ul>

## 5.2 ARRANQUE

<b>SERVICIO:</b>	ARRANQUE
<b>PROCESO:</b>	Subniveles
<b>TAREA:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tira por el plano inclinado</li> <li>▪ Tira por el nivel con monorraíl o manual</li> <li>▪ Circulación por el plano inclinado</li> <li>▪ Circulación por los niveles</li> <li>▪ Sutirar</li> <li>▪ Barrenar para voladuras con dinamita</li> <li>▪ Barrenar para voladuras con aire comprimido</li> <li>▪ Avance con explosivos</li> <li>▪ Avance con aire comprimido</li> <li>▪ Avance con minador</li> <li>▪ Avance de recortes</li> <li>▪ Cruceros en capa</li> <li>▪ Control y limpieza de cabezas de panzer</li> <li>▪ Trabajos en el pozo</li> <li>▪ Colocación de tuberías en el pozo</li> <li>▪ Colocación de tuberías por los niveles</li> <li>▪ Voladuras en sutiraje</li> <li>▪ Voladuras en avance</li> </ul>

## 5.3 TRANSPORTE Y SERVICIOS GENERALES

<b>SERVICIO:</b>	TRANSPORTE Y SERVICIOS GENERALES
<b>PROCESO:</b>	Circulación por galerías
<b>TAREA:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Circulación por galerías</li> </ul>

## 5.4 MANTENIMIENTO

<b>SERVICIO:</b>	MANTENIMIENTO
<b>PROCESO:</b>	Mantenimiento arranque mecanizado
<b>TAREA:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Manipular turbinas</li><li>▪ Manipular cables</li><li>▪ Manipular cofres</li><li>▪ Manipular panceres</li><li>▪ Manipular escraperes</li><li>▪ Mantenimiento minador</li></ul>

<b>SERVICIO:</b>	MANTENIMIENTO
<b>PROCESO:</b>	Mantenimiento eléctrico
<b>TAREA:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Trabajos y maniobras eléctricas en subestaciones</li><li>▪ Bobinar cable</li><li>▪ Red telefónica</li><li>▪ Trabajos con equipos eléctricos</li><li>▪ Red alumbrado</li><li>▪ Control ambiental</li></ul>

## 6 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

### 6.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS TAREAS EN LAS QUE ESTAN PRESENTE EL RIESGO DE EXPLOSIÓN

Se recuerda que sólo se identifican los riesgos de explosión presentes en las operaciones que conllevan la ejecución del proyecto concreto de explotación. La identificación de riesgos presentes en otros servicios y procesos se realizaría en los correspondientes documentos de protección contra explosiones realizados en la ejecución de esos proyectos. Los riesgos de explosión para servicios comunes (servicios generales, transporte, talleres, sala de compresores, sala de carga de baterías, sala de bombas, lampistería, etc.) se expondrán en la parte común del Plan de Prevención contra Explosiones.

De todas las tareas expuestas en el apartado anterior, las tareas en las que se identifica riesgo de explosión son las que muestra la tabla siguiente.

La codificación del número identificativo de cada tarea con riesgo consta del número del Plan de Prevención contra Explosiones del nuevo proyecto de explotación y del número de orden de la tarea con riesgo de explosión de que se trate.

Nº	SERVICIO	PROCESO	TAREA
001-01	PREPARACIONES	ARTILLEROS	ATACADO
001-02	PREPARACIONES	AVANCE	AYUDANTE BARRENISTA CARGANDO ESCOMBRO
001-03	PREPARACIONES	AVANCE	AYUDANTE MINERO CARGUE DE MATERIAL
001-04	PREPARACIONES	AVANCE	BARRENISTA CARGANDO ESCOMBRO
001-05	PREPARACIONES	AVANCE	VIGILANTE PREPARACIÓN
001-06	PREPARACIONES	EJ. PRIMARIOS	BARRENAR
001-07	PREPARACIONES	EJ. PRIMARIOS	ATACAR EL CORTE
001-08	PREPARACIONES	CONSERVACIÓN	ESTAJAR
001-09	PREPARACIONES	CONSERVACIÓN	ENTREMEDIAN
001-10	PREPARACIONES	TUBEROS	COLOCACIÓN TUBERÍA DE VENTILACIÓN
001-11	PREPARACIONES	TUBEROS	COLOCACIÓN DE TUBERÍAS DE COMPRIMIDO Y AGUA
001-12	PREPARACIONES	EJ. PRIMARIOS	DESCARGAR MATERIAL DE LAS MESILLAS O VAGONES
001-13	PREPARACIONES	EJ. PRIMARIOS	CARGAR MATERIAL EN LA CANOA
001-14	PREPARACIONES	EJ. PRIMARIOS	TRANSLADARSE POR EL POZO
001-15	PREPARACIONES	EJ. PRIMARIOS	DESCARGAR MATERIAL DE CANOA EN POZO
001-16	PREPARACIONES	EJ. PRIMARIOS	SUBIR MATERIAL DESDE TABLERO AL CORTE

Nº	SERVICIO	PROCESO	TAREA
001-17	PREPARACIONES	EJ. PRIMARIOS	PREPARAR ANDAMIO
001-18	PREPARACIONES	EJ. PRIMARIOS	SANEAR EL FRENTE
001-19	PREPARACIONES	EJ. PRIMARIOS	POSTEAR
001-20	PREPARACIONES	EJ. PRIMARIOS	ACONDICIONAMIENTO CALLE Y PASO DE PERSONAL
001-21	PREPARACIONES	EJ. PRIMARIOS	COLOCACIÓN DE TUBERIAS
001-22	ARRANQUE	CHIMENEAS>45º	CIRCULAR POR LA CHIMENEA
001-23	ARRANQUE	CHIMENEAS>45º	TIRA EN CHIMENEAS
001-24	ARRANQUE	CHIMENEAS>45º	PICAR Y POSTEAR
001-25	ARRANQUE	SUBNIVELES	TIRA POR EL PLANO INCLINADO
001-26	ARRANQUE	SUBNIVELES	TIRA POR EL NIVEL CON MONORRAÍL O MANUAL
001-27	ARRANQUE	SUBNIVELES	CIRCULACIÓN POR EL PLANO INCLINADO
001-28	ARRANQUE	SUBNIVELES	CIRCULACIÓN POR LOS NIVELES
001-29	ARRANQUE	SUBNIVELES	SUTIRAR
001-30	ARRANQUE	SUBNIVELES	BARRENAR PARA VOLADURAS CON DINAMITA
001-31	ARRANQUE	SUBNIVELES	BARRENAR PARA VOLADURAS CON AIRE COMPRIMIDO
001-32	ARRANQUE	SUBNIVELES	AVANCE CON EXPLOSIVOS
001-33	ARRANQUE	SUBNIVELES	AVANCE CON AIRE COMPRIMIDO
001-34	ARRANQUE	SUBNIVELES	AVANCE CON MINADOR
001-35	ARRANQUE	SUBNIVELES	AVANCE DE RECORTES (CON EXPLOSIVOS Y SCRAPER)
001-36	ARRANQUE	SUBNIVELES	CRUCEROS EN CAPA
001-37	ARRANQUE	SUBNIVELES	CONTROL Y LIMPIEZA CABEZAS DE PANCER
001-38	ARRANQUE	SUBNIVELES	TRABAJOS EN EL POZO
001-39	ARRANQUE	SUBNIVELES	COLOCACIÓN TUBERÍAS EN EL POZO
001-40	ARRANQUE	SUBNIVELES	COLOCACIÓN TUBERÍAS POR LOS NIVELES
001-41	ARRANQUE	SUBNIVELES	VOLADURAS EN SUTIRAGES
001-42	ARRANQUE	SUBNIVELES	VOLADURAS EN AVANCES
001-43	MANTENIMIENTO	VENTILACIÓN	MANIPULAR Y REVISAR TURBINAS
001-44	MANTENIMIENTO	INST. ELEC.	MANIPULAR CABLES
001-45	MANTENIMIENTO	INST. ELEC.	MANIPULAR COFRES
001-46	MANTENIMIENTO	INST. ELEC.	MANIPULAR PANCERES
001-47	MANTENIMIENTO	INST. ELEC.	MANIPULAR SCRAPERES
001-48	MANTENIMIENTO	INST. ELEC.	TRABAJOS EN RED TELEFÓNICA
001-49	MANTENIMIENTO	INST. ELEC.	TRABAJOS CON EQUIPOS ELÉCTRICOS
001-50	MANTENIMIENTO	INST. ELEC.	CONTROL AMBIENTAL

## 6.2 EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DE EXPLOSIÓN EN LAS TAREAS IDENTIFICADAS

Para cada una de las tareas concretas identificadas, debe realizarse la evaluación de los riesgos de explosión con cualquiera de los métodos existentes en la actualidad. A continuación, y como ejemplo, se muestran las valoraciones realizadas para dos de las tareas con riesgo de explosión anteriormente identificadas. Estas valoraciones han sido realizadas utilizando el método de evaluación de riesgos de explosión propuesto en esta guía.

Para la asignación del Nivel de Riesgo y la selección de los Niveles de Actuación, se han utilizado las definiciones de las siguientes tablas (capítulo 6).

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

**A continuación se incluyen ejemplos de evaluación para dos de las tareas identificadas en el apartado anterior.**

**TAREA CON RIESGO IDENTIFICADO: 001-29****SERVICIO: ARRANQUE****PROCESO: SUBNIVELES****TAREA: SUTIRAR****DETERMINACIÓN DE LA TAREA A EVALUAR**

**Descripción:** La tarea consiste en la carga del mineral desprendido en la voladura al pancer situado en el fondo de saco del subnivel. Esta carga se realiza por el personal mediante la utilización de herramientas manuales debido a la estrechez de la galería.

El pancer de nivel descarga sobre otro pancer que recorre el recorte y que descarga al pozo primario donde el carbón cae por gravedad hasta las cintas de transporte general del pozo.

Esta tarea es realizada por cuatro mineros, tres se sitúan en el fondo de saco cargando el carbón desprendido al pancer, el otro se sitúa a nivel de transvase al pozo general, en funciones de control y vigilancia.

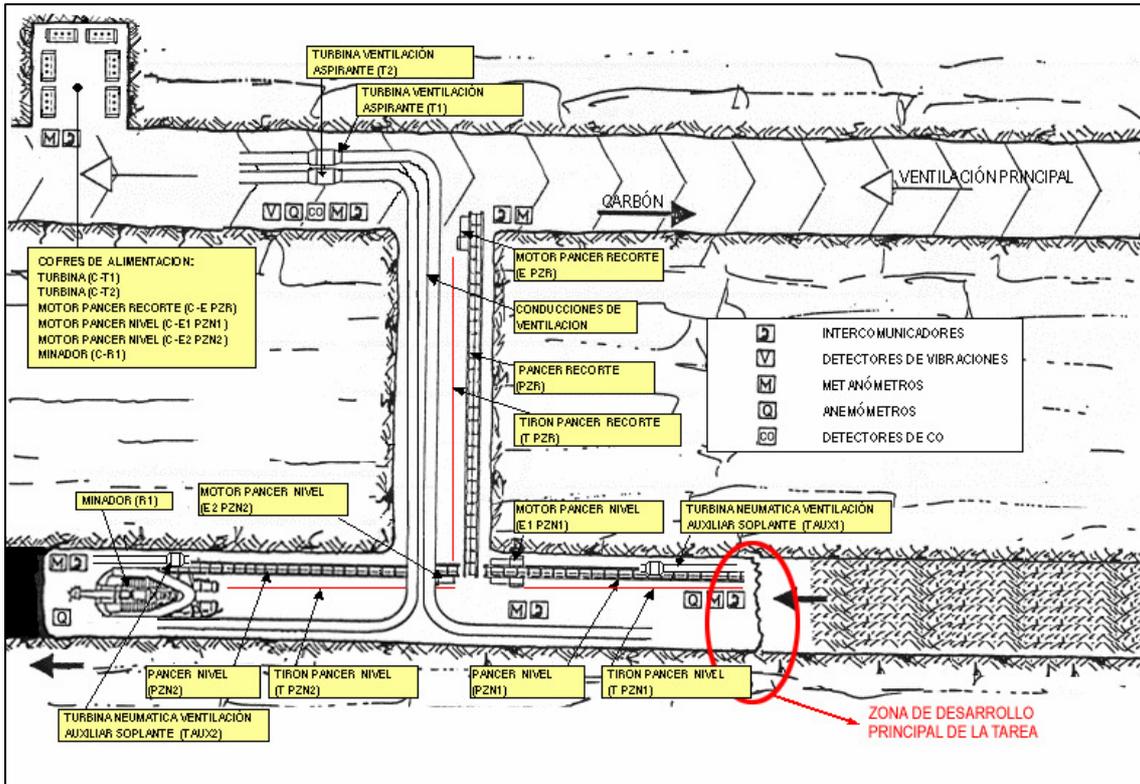
En la operación normal estará en funcionamiento la ventilación secundaria aspirante con turbinas de 15 kW auxiliada en los frentes por soplante mediante ventilador neumático. Los cofres de alimentación eléctrica se sitúan fuera del nivel en un nicho realizado en el primario con el fin de mantenerlos fuera del subnivel, bañados por la corriente de ventilación principal.

Para el dimensionamiento del caudal de aspiración se tendrá en cuenta el desprendimiento de grisú calculado para la fase de sutiraje, de manera que se asegure una concentración inferior al 1,5% (V/V).

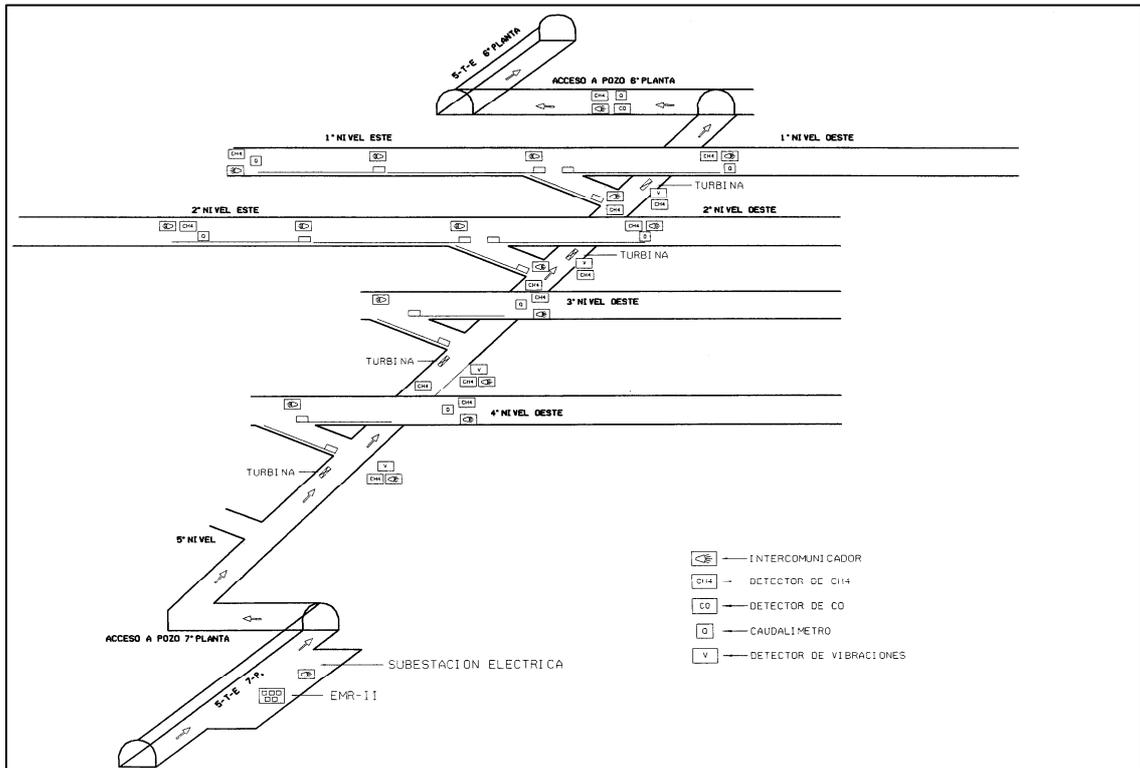
En el DIAGRAMA DE NIVEL se muestra la ubicación concreta donde se desarrollan los trabajos principales implicados en la tarea descrita.

**DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS DEL PROCESO:**

**Diagrama de NIVEL (planta)**



**Diagrama de POZO**

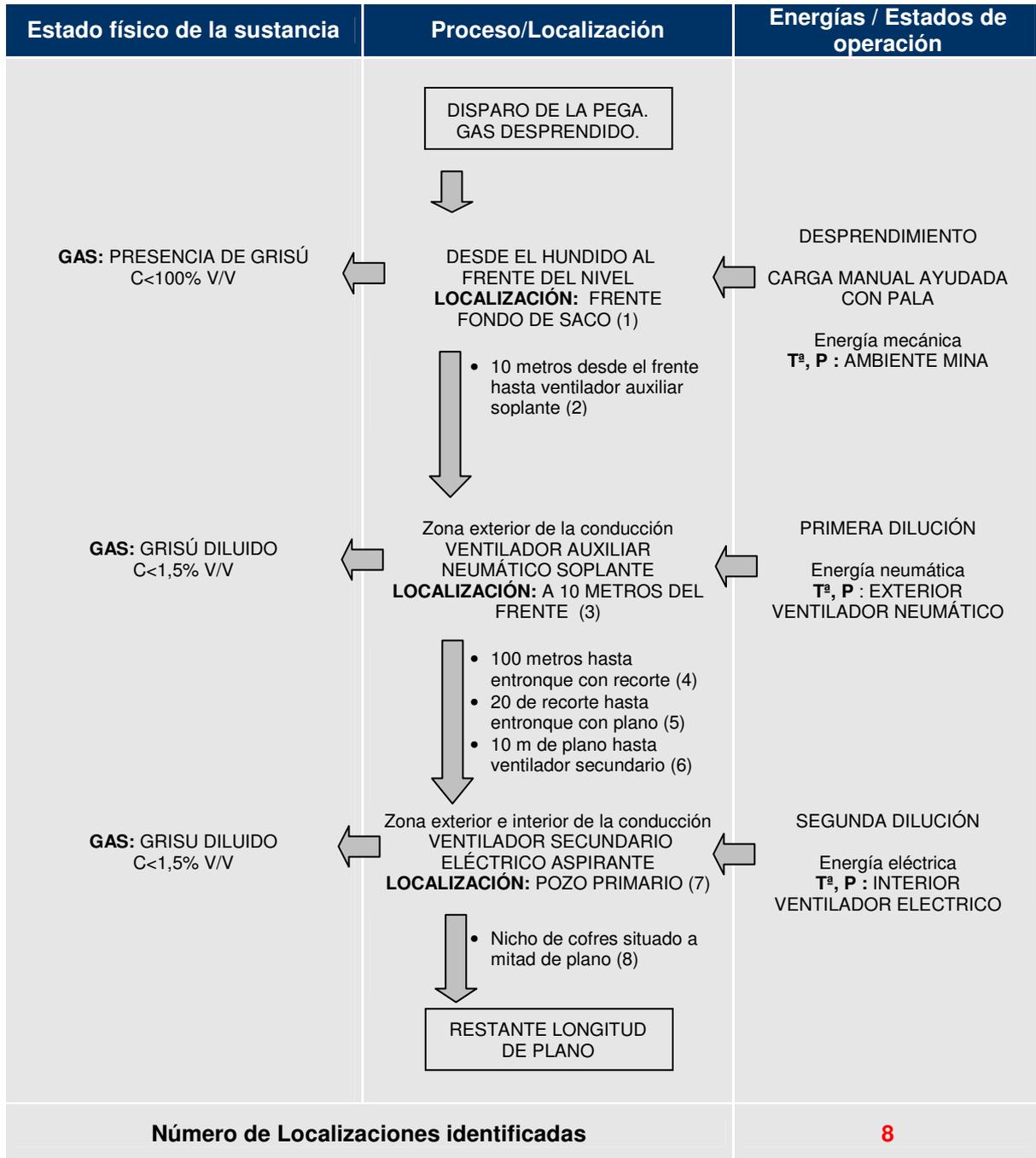


Esta tarea comprende los siguientes criterios de ejecución:

- Comprobar el resultado de la voladura anterior y verificar si hay algún barrenado fallido, ha caído algún cuadro y/o hay daños en la instalación de las tuberías o en la instalación de los sistemas de control.
- Tantear la corona y los hastiales con el extremo o punta de la barra de tanteo y saneo, desde lugar seguro, identificando por el sonido la firmeza de la roca.
- Provocar la caída, desde un lugar conveniente y seguro, de aquellos bloques de roca que tengan tendencia a desprenderse.
- Empiquetar y enrachonar la corona y los hastiales entre el último cuadro y el frente.
- Prolongar el tramo correspondiente del pancer de nivel.
- Poner en funcionamiento el pancer de recorte y el pancer de nivel según lo especificado en la correspondiente norma de seguridad.
- Cargar el carbón, el mineral y el escombros, previo regado con agua pulverizada.
- Avanzar los carriles de penetración a medida que se carga el escombros.
- Cumplir todas las normas y disposiciones de seguridad relativas a la protección contra el polvo y a la protección contra explosiones.
- Cumplimentar los partes de incidencias.

**ANÁLISIS FUNCIONAL DE ESTADOS:**

**GRISÚ**



Durante la ejecución de la tarea se tiene:

$V_1$ (cm <sup>3</sup> /10g/35s) (medido a 1,5 m)	VENTILACIÓN	PROBABILIDAD
1,5	FUNCIONAMIENTO NORMAL	IMPROBABLE

### POLVO DE CARBÓN

Estado físico de la sustancia	Proceso/Localización	Energías / Estados de operación
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">DISPARO DE LA PEGA. CARBÓN DESPRENDIDO.</div> <p style="text-align: center;">↓</p>	
<b>POLVO EN SUSPENSIÓN:</b> CONCENTRACIÓN ALTA <b>POLVO DEPOSITADO:</b> SUPERFICIES HORIZONTALES	<p style="text-align: center;">DESDE EL HUNDIDO AL PANCER DE NIVEL</p> <p style="text-align: center;"><b>LOCALIZACIÓN:</b> FRENTE FONDO DE SACO (1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>100 metros hasta zona de transvase con pancer de recorte</li> </ul>	<p>CARGA MANUAL POR GRAVEDAD AYUDADA CON PALA</p> <p>Energía mecánica <b>T<sup>º</sup>, P :</b> AMBIENTE MINA</p>
<b>POLVO EN SUSPENSIÓN:</b> CONCENTRACIÓN MEDIA <b>POLVO DEPOSITADO:</b> SUPERFICIES HORIZONTALES	<p style="text-align: center;">PANCER DE NIVEL A PANCER DE RECORTE</p> <p style="text-align: center;"><b>LOCALIZACIÓN:</b> EMBOCADURA DE NIVEL (en explotación completa, en este nudo descargan los dos panceres de nivel) (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>20 metros hasta zona cabeza de pancer de recorte</li> </ul>	<p>PRIMER TRASVASE DE CARBÓN</p> <p>Energía mecánica Energía eléctrica <b>T<sup>º</sup>, P :</b> AMBIENTE MINA</p>
<b>POLVO EN SUSPENSIÓN:</b> CONCENTRACIÓN MEDIA <b>POLVO DEPOSITADO:</b> SUPERFICIES HORIZONTALES	<p style="text-align: center;">PANCER DE RECORTE A CHAPEO POZO PRIMARIO</p> <p style="text-align: center;"><b>LOCALIZACIÓN:</b> EMBOCADURA DE RECORTE (5)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nicho de cofres situado a mitad de plano (8)</li> </ul>	<p>SEGUNDO TRASVASE DE CARBÓN</p> <p>Energía mecánica Energía eléctrica <b>T<sup>º</sup>, P :</b> AMBIENTE MINA</p>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">RESTANTE LONGITUD DE PLANO</div>	
<b>Número de Localizaciones identificadas</b>		<b>4</b>

Durante la ejecución de la tarea se tiene:

GRANULOMETRÍA (µm)	MEDIDAS ANTIEMPOLVAMIENTO	PROBABILIDAD
85	NO	PROBABLE

## IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES FUENTES DE IGNICIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA TAREA:

Identificación de fuentes de ignición (UNE EN 1127-2)			
TAREA ESTUDIADA: SUTIRAR			
Posibles fuentes de ignición: EQUIPOS			
Tipo de fuente de ignición	Equipo o instalación o acción / Localización	Causa	Significativo (Incluir razón)
1. Superficies calientes	MOTOR PANCER NIVEL (E PZN1) / NIVEL (4)	Sobrecarga Fallo relé	SI – Puede alcanzarse la TMI de la capa de polvo de carbón en un fallo (300 °C (0,005 m))
	MOTOR PANCER NIVEL (E PZN1) / NIVEL (4)	Fricción Elementos internos	“
	MOTOR PANCER RECORTE (E PZR) / RECORTE (5)	Sobrecarga Fallo relé	“
	MOTOR PANCER RECORTE (E PZR) / RECORTE (5)	Fricción Elementos internos	“
	MOTOR TURBINA (T1) / POZO PRIMARIO (7)	Sobrecarga Fallo relé	“
	MOTOR TURBINA (T1) / POZO PRIMARIO (7)	Fricción Elementos internos	“
	COFRE ALIMENTACIÓN - T1 (C-T1) / PLANO (8)	Sobrecarga Fallo relé	“
	COFRE ALIMENTACIÓN - E PZR (C-E PZR) / PLANO (8)	Sobrecarga Fallo relé	“
	COFRE ALIMENTACIÓN – E PZN1 (C-E PZN1) / PLANO (8)	Sobrecarga Fallo relé	“
2. Llamas y gases calientes (incluir partículas calientes)	---	---	---
3. Chispas generadas mecánicamente	ASPAS VETILADOR NEUMÁTICO (T AUX1) / FRENTE (3)	Fricción Aspas - Carcasa	SI – Pueden producirse chispas mecánicas con suficiente energía en un fallo ( $E > 3 \cdot 10^{-4}$ J)
	CADENAS PANCER (E PZN1) / NIVEL (4)	Choque Cadenas - Otros	“
	CADENAS PANCER (E PZR) / RECORTE (5)	Choque Cadenas - Otros	“
	ASPAS TURBINA (T1) / POZO PRIMARIO (7)	Fricción Aspas - Carcasa	“
4. Aparatos eléctricos	MOTOR PANCER NIVEL (E PZN1) / NIVEL (4)	Fallo eléctrico Chispa o arco	SI – Pueden producirse chispas eléctricas o arcos con suficiente energía en fallo ( $E > 3 \cdot 10^{-4}$ J)
	CAJA BORNAS MOTOR (E PZN1) / NIVEL (4)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	MOTOR PANCER RECORTE (E PZR) / RECORTE (5)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	CAJA BORNAS MOTOR (E PZR) / RECORTE (5)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	MOTOR TURBINA (T1) / POZO PRIMARIO (7)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	CAJA BORNAS MOTOR TURBINA (T1) / POZO PRIMARIO (7)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	COMP. SECCIONADOR COFRE - T1 (C-T1) / PLANO (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	COMP. MANIOBRA COFRE - T1 (C-T1) / PLANO (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	COMP. SECCIONADOR COFRE - E PZR (C - E PZR) / PLANO (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	COMP. MANIOBRA COFRE - E PZR (C - E PZR) / PLANO (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“

<b>Identificación de fuentes de ignición (UNE EN 1127-2)</b>			
<b>TAREA ESTUDIADA: SUTIRAR</b>			
<b>Posibles fuentes de ignición: EQUIPOS</b>			<b>Significativo (Incluir razón)</b>
<b>Tipo de fuente de ignición</b>	<b>Equipo o instalación o acción / Localización</b>	<b>Causa</b>	
	COMP. SECCIONADOR COFRE - E PZN1 (C - E PZN1) / PLANO (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	COMP. MANIOBRA COFRE - E PZN1 (C - E PZN1) / PLANO (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
5. Corrientes de fuga, corrosión de las protecciones catódicas	MOTOR PANCER NIVEL (E PZN1) / NIVEL (4)	Corrosión Arco por fuga	SI – Pueden producirse chispas eléctricas o arcos con suficiente energía en fallo ( $E > 3 \cdot 10^{-4}$ J)
	CAJA BORNAS MOTOR (E PZN1) / NIVEL (4)	Corrosión Arco por fuga	“
	MOTOR PANCER RECORTE (E PZR) / RECORTE (5)	Corrosión Arco por fuga	“
	CAJA BORNAS MOTOR (E PZR) / RECORTE (5)	Corrosión Arco por fuga	“
6. Electricidad estática	---	---	---
7. Rayos	---	---	---
8. Radio frecuencias (RF) ondas electromagnéticas de $10^4$ Hz a $3 \cdot 10^{12}$ Hz	---	---	---
9. Ondas eletromagnéticas desde $3 \cdot 10^{11}$ Hz a $e \cdot 10^5$ Hz	---	---	---
10. Radiaciones ionizantes	---	---	---
11. Ultrasonidos	---	---	---
12. Compresión adiabática y ondas de choque	---	---	---
13. Reacciones exotérmicas, incluyendo autoignición de polvos	---	---	---
<b>Número de Fuentes de ignición identificadas</b>			<b>29</b>

## Características de los equipos en operación:

EQUIPO/ Nº FICHA DE MAQUINA	CATEGORÍA / MARCADO	EVALUACIÓN DE PROPABILIDAD DE APARICIÓN DE FUENTES DE IGNICIÓN EN LOS EQUIPOS		
		ANTIGÜEDAD (horas de funcionamiento)	MANTENIMIENTO	PROBABILIDAD
VENTILADOR AUXILIAR NEUMÁTICO (T AUX1)	---	50.000	ANUAL	FRECUENTE
TURBINA DE VENTILACIÓN ASPIRANTE (T1)	M2	15.000	TRIMESTRAL	REMOTA
MOTOR PANCER RECORTE (E PZR)	M2	60.000	ANUAL	REMOTA
MOTOR PANCER NIVEL (E1 PZN1)	M2	115.000	ANUAL	OCASIONAL
COFRE ALIMENTACIÓN MOTOR PANCER RECORTE (C-E PZR)	Ex I d	55.000	SEMESTRAL	REMOTA
COFRE ALIMENTACIÓN MOTOR PANCER NIVEL (C-E PZN1)	Ex I d	30.000	SEMESTRAL	REMOTA
COFRE ALIMENTACIÓN TURBINA DE VENTILACIÓN ASPIRANTE (C-T1)	M2	15.000	SEMESTRAL	REMOTA

**La clasificación del emplazamiento en el que están situados los equipos eléctricos se muestra en el Anexo E: Esquemas ATEX de instalaciones eléctricas.**

## REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS DE EXPLOSIÓN

### TAREA ESTUDIADA: 001-29 SUTIRAR

RIESGO	ATMÓSFERA EXPLOSIVA			FUENTE DE IGNICIÓN				
	Ref.	Tipo	Frecuencia de aparición	Localización	Tipo	Equipo o instalación o acción/ Localización	Causa	Probabilidad
001-29.01	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona ventilador auxiliar neumático (3)	Chispas mecánicas	Aspas ventilador neumático (T AUX1) / Frente (3)	Fricción Aspas - Carcasa	Frecuente	OCASIONAL
001-29.02	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 100 metros de nivel hasta entronque (4)	Superficies calientes	Motor Pancer Nivel (E PZN1) / Nivel (4)	Sobrecarga Fallo Relé	Ocasional	IMPROBABLE
001-29.03	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 100 metros de nivel hasta entronque (4)	Superficies calientes	Motor Pancer Nivel (E PZN1) / Nivel (4)	Fricción Elementos internos	Ocasional	IMPROBABLE
001-29.04	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 100 metros de nivel hasta entronque (4)	Chispas mecánicas	Cadenas Pancer Nivel (E PZN1) / Nivel (4)	Choque Cadenas - Otros	Ocasional	IMPROBABLE
001-29.05	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 100 metros de nivel hasta entronque (4)	Aparatos eléctricos	Motor Pancer Nivel (E PZN1) / nivel (4)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Ocasional	IMPROBABLE
001-29.06	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 100 metros de nivel hasta entronque (4)	Aparatos eléctricos	Caja Bornas Motor Pancer Nivel (E PZN1) / nivel (4)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Ocasional	IMPROBABLE

RIESGO	ATMÓSFERA EXPLOSIVA			FUENTE DE IGNICIÓN				
	Ref.	Tipo	Frecuencia de aparición	Localización	Tipo	Equipo o instalación o acción/ Localización	Causa	Probabilidad
001-29.07	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 100 metros de nivel hasta entronque (4)	Corrientes de fuga	Motor Pancer Nivel (E PZN1) / Nivel (4)	Corrosión Arco por fuga	Ocasional	IMPROBABLE
001-29.08	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 100 metros de nivel hasta entronque (4)	Corrientes de fuga	Caja Bornas Motor Pancer Nivel (E PZN1) / Nivel (4)	Corrosión Arco por fuga	Ocasional	IMPROBABLE
001-29.09	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 20 metros de recorte hasta plano (5)	Superficies calientes	Motor Pancer Recorte (E PZR) / Recorte (5)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	IMPROBABLE
001-29.10	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 20 metros de recorte hasta plano (5)	Superficies calientes	Motor Pancer Recorte (E PZR) / Recorte (5)	Fricción Elementos internos	Remota	IMPROBABLE
001-29.11	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 20 metros de recorte hasta plano (5)	Chispas mecánicas	Cadenas Pancer Recorte (E PZR) / Recorte (5)	Choque Cadenas - Otros	Remota	IMPROBABLE
001-29.12	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 20 metros de recorte hasta plano (5)	Aparatos eléctricos	Motor Pancer Recorte (E PZR) / Recorte (5)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE
001-29.13	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 20 metros de recorte hasta plano (5)	Aparatos eléctricos	Caja Bornas Motor (E PZR) / Recorte (5)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE

RIESGO	ATMÓSFERA EXPLOSIVA			FUENTE DE IGNICIÓN				
Ref.	Tipo	Frecuencia de aparición	Localización	Tipo	Equipo o instalación o acción/ Localización	Causa	Probabilidad	Riesgo Global
001-29.14	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 20 metros de recorte hasta plano (5)	Corrientes de fuga	Motor Pancer Recorte (E PZR) / Recorte (5)	Corrosión Arco por fuga	Remota	IMPROBABLE
001-29.15	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 20 metros de recorte hasta plano (5)	Corrientes de fuga	Caja Bornas Motor (E PZR) / Recorte (5)	Corrosión Arco por fuga	Remota	IMPROBABLE
001-29.16	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona turbina ventilación secundaria (7)	Superficies calientes	Motor Turbina (T1) / Pozo Primario (7)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	IMPROBABLE
001-29.17	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona turbina ventilación secundaria (7)	Superficies calientes	Motor Turbina (T1) / Pozo Primario (7)	Fricción Elementos internos	Remota	IMPROBABLE
001-29.18	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona turbina ventilación secundaria (7)	Superficies calientes	Aspas Turbina (T1) / Pozo Primario (7)	Fricción Aspas - Carcasa	Remota	IMPROBABLE
001-29.19	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona turbina ventilación secundaria (7)	Aparatos eléctricos	Motor Turbina (T1) / Pozo Primario (7)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE
001-29.20	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona turbina ventilación secundaria (7)	Aparatos eléctricos	Caja Bornas Motor Turbina (T1) / Pozo Primario (7)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE
001-29.21	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Superficies calientes	Cofre Alimentación - T1 (C-T1) / Pozo Primario (8)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	IMPROBABLE

RIESGO	ATMÓSFERA EXPLOSIVA			FUENTE DE IGNICIÓN				
	Ref.	Tipo	Frecuencia de aparición	Localización	Tipo	Equipo o instalación o acción/ Localización	Causa	Probabilidad
001-29.22	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Superficies calientes	Cofre Alimentación – E PZR (C-E PZR) / Pozo Primario (8)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	IMPROBABLE
001-29.23	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Superficies calientes	Cofre Alimentación - E PZN1 (C-E PZN1) / Pozo Primario (8)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	IMPROBABLE
001-29.24	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Seccionador Cofre - T1 (C-T1) / Pozo Primario (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE
001-29.25	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Maniobra Cofre - T1 (C-T1) / Pozo Primario (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE
001-29.26	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Seccionador Cofre-E PZR (C - E PZR) / Pozo Primario (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE
001-29.27	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Maniobra Cofre - E PZR (C - E PZR) / Pozo Primario (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE
001-29.28	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Seccionador Cofre - E PZN1 (C - E PZN1) / Pozo Primario (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE
001-29.29	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Maniobra Cofre - E PZN1 (C - E PZN1) / Pozo Primario (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE

RIESGO	ATMÓSFERA EXPLOSIVA			FUENTE DE IGNICIÓN				
	Ref.	Tipo	Frecuencia de aparición	Localización	Tipo	Equipo o instalación o acción/ Localización	Causa	Probabilidad
001-29.30	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Primer Transvase. Entronque con Recorte (4)	Superficies Calientes	Motor Pancer Nivel (E PZN1) / Nivel (4)	Sobrecarga Fallo relé	Ocasional	PROBABLE
001-29.31	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Primer Transvase. Entronque con Recorte (4)	Superficies Calientes	Motor Pancer Nivel (E PZN1) / Nivel (4)	Fricción Elementos internos	Ocasional	PROBABLE
001-29.32	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Primer Transvase. Entronque con Recorte (4)	Aparatos eléctricos	Motor Pancer Nivel (E PZN1) / Nivel (4)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Ocasional	PROBABLE
001-29.33	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Primer Transvase. Entronque con Recorte (4)	Aparatos eléctricos	Caja Bornas Motor (E PZN1) / Nivel (4)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Ocasional	PROBABLE
001-29.34	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Primer Transvase. Entronque con Recorte (4)	Corrientes de fuga	Motor Pancer Nivel (E PZN1) / Nivel (4)	Corrosión Arco por fuga	Ocasional	PROBABLE
001-29.35	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Primer Transvase. Entronque con Recorte (4)	Corrientes de fuga	Caja Bornas Motor (E PZN1) / Nivel (4)	Corrosión Arco por fuga	Ocasional	PROBABLE
001-29.36	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Segundo Transvase. Entronque con Plano Primario (5)	Superficies Calientes	Motor Pancer Recorte (E PZR) / Recorte (5)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	OCASIONAL
001-29.37	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Segundo Transvase. Entronque con Plano Primario (5)	Superficies Calientes	Motor Pancer Recorte (E PZR) / Recorte (5)	Fricción Elementos internos	Remota	OCASIONAL

RIESGO	ATMÓSFERA EXPLOSIVA			FUENTE DE IGNICIÓN				
	Ref.	Tipo	Frecuencia de aparición	Localización	Tipo	Equipo o instalación o acción/ Localización	Causa	Probabilidad
001-29.38	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Segundo Transvase. Entronque con Plano Primario (5)	Chispas mecánicas	Cadenas Pancer (E PZR) / Recorte (5)	Choque Cadenas - Otros	Remota	OCASIONAL
001-29.39	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Segundo Transvase. Entronque con Plano Primario (5)	Aparatos eléctricos	Motor Pancer Recorte (E PZR) / Recorte (5)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL
001-29.40	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Segundo Transvase. Entronque con Plano Primario (5)	Aparatos eléctricos	Caja Bornas Motor (E PZR) / Recorte (5)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL
001-29.41	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Segundo Transvase. Entronque con Plano Primario (5)	Corrientes de fuga	Motor Pancer Recorte (E PZR) / Recorte (5)	Corrosión Arco por fuga	Remota	OCASIONAL
001-29.42	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Segundo Transvase. Entronque con Plano Primario (5)	Corrientes de fuga	Caja Bornas Motor (E PZR) / Recorte (5)	Corrosión Arco por fuga	Remota	OCASIONAL
001-29.43	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Superficies calientes	Cofre Alimentación - T1 (C-T1) / Pozo Primario (8)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	OCASIONAL
001-29.44	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Superficies calientes	Cofre Alimentación - E PZR (C-E PZR) / Pozo Primario (8)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	OCASIONAL

RIESGO	ATMÓSFERA EXPLOSIVA			FUENTE DE IGNICIÓN				
Ref.	Tipo	Frecuencia de aparición	Localización	Tipo	Equipo o instalación o acción/ Localización	Causa	Probabilidad	Riesgo Global
001-29.45	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Superficies calientes	Cofre Alimentación – E PZN1 (C-E PZN1) / Pozo Primario (8)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	OCASIONAL
001-29.46	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Seccionador Cofre - T1 (C-T1) / Pozo Primario (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL
001-29.47	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Maniobra Cofre - T1 (C-T1) / Pozo Primario (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL
001-29.48	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Seccionador Cofre – E PZR (C - E PZR) / Pozo Primario (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL
001-29.49	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Maniobra Cofre – E PZR (C – E PZR) / Pozo Primario (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL
001-29.50	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Seccionador Cofre - E PZN1 (C - E PZN1) / Pozo Primario (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL
001-29.51	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Maniobra Cofre – E PZN1 (C - E PZN1) / Pozo Primario (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL

## EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DE EXPLOSIÓN REGISTRADOS

### TAREA ESTUDIADA: 001-29 SUTIRAR

Referencia	Probabilidad Global	Severidad	Nivel de Riesgo	
001-29.01	Ocasional	Mayor	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-29.02	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.03	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.04	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.05	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.06	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.07	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.08	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.09	Improbable	Catástrofe	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-29.10	Improbable	Catástrofe	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-29.11	Improbable	Catástrofe	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-29.12	Improbable	Catástrofe	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-29.13	Improbable	Catástrofe	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-29.14	Improbable	Catástrofe	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-29.15	Improbable	Catástrofe	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-29.16	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.17	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.18	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.19	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.20	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.21	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.22	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.23	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.24	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.25	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.26	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.27	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.28	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.29	Improbable	Mayor	<b>C</b>	MODERADO
001-29.30	Probable	Mayor	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-29.31	Probable	Mayor	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-29.32	Probable	Mayor	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-29.33	Probable	Mayor	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-29.34	Probable	Mayor	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-29.35	Probable	Mayor	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-29.36	Ocasional	Catástrofe	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-29.37	Ocasional	Catástrofe	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-29.38	Ocasional	Catástrofe	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-29.39	Ocasional	Catástrofe	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-29.40	Ocasional	Catástrofe	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-29.41	Ocasional	Catástrofe	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-29.42	Ocasional	Catástrofe	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-29.43	Ocasional	Mayor	<b>B</b>	IMPORTANTE

Referencia	Probabilidad Global	Severidad	Nivel de Riesgo	
001-29.44	Ocasional	Mayor	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-29.45	Ocasional	Mayor	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-29.46	Ocasional	Mayor	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-29.47	Ocasional	Mayor	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-29.48	Ocasional	Mayor	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-29.49	Ocasional	Mayor	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-29.50	Ocasional	Mayor	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-29.51	Ocasional	Mayor	<b>B</b>	IMPORTANTE

El proceso de evaluación de los riesgos de explosión es un proceso iterativo, una vez se hayan adoptado las medidas específicas de protección contra explosiones para la tarea estudiada expuestas a continuación se procederá a realizar una segunda evaluación para valorar si estos se han eliminado o reducido a límites aceptables y, en caso de que no sea así, se tomarán medidas adicionales hasta que se consiga eliminar o reducir el riesgo.

Se considerará que un riesgo ha sido reducido a niveles aceptables cuando tras su reevaluación resulte como Moderado (con severidad Menor). Para que un riesgo resulte tolerable, los trabajadores deben localizarse fuera de la explotación o muy alejados de la tarea que se evalúa, lo cual en la mayoría de los casos es imposible porque para la ejecución de la tarea es necesaria la presencia de los trabajadores.

Para los riesgos, Intolerables, Importantes y Moderados (severidad Mayor), es necesaria la adopción de medidas de reducción de riesgos.

## MEDIDAS ESPECÍFICAS TÉCNICAS Y ORGANIZATIVAS

### TAREA ESTUDIADA: 001-29 SUTIRAR

- **001-29.M01:** Instalación de lanzas de pulverización de agua para su utilización en la fase de sutiraje localizadas sobre la ventana de salida del carbón y sobre las zonas de trasvase entre panceres y de descarga al primario.

Esta medida técnica reduce la probabilidad de presencia de atmósferas explosivas de polvo.

GRANULOMETRÍA ( $\mu\text{m}$ )	MEDIDAS ANTIEMPOLVAMIENTO	PROBABILIDAD
85	SI	REMOTA

- **001-29.M02:** Instalación de barreras de agua que serán efectivas a lo largo de toda la sección de galería para prevenir la propagación de la explosión (en caso de producirse) a otras galerías o a otras zonas subterráneas.

Unas barreas se situarán en el extremo del nivel, retrasadas unos metros de la embocadura del recorte, y otras en el extremo del recorte, cercanas a su embocadura con el pozo primario.

Esta medida técnica reduce la severidad Mayor de gran parte de los riesgos, pasando éstos a severidad Menor.

- **001-29.M03:** Sustitución del ventilador auxiliar neumático de manera que:

EQUIPO/ Nº FICHA DE MAQUINA	CATEGORÍA/ MARCADO	EVALUACIÓN DE PROPABILIDAD DE APARICIÓN DE FUENTES DE IGNICIÓN EN LOS EQUIPOS		
		ANTIGÜEDAD (horas de funcionamiento)	MANTENIMIENTO	PROBABILIDAD
VENTILADOR AUXILIAR NEUMÁTICO (T AUX (nuevo))	M2	0.000	TRIMESTRAL	REMOTA

- **001-29.M04:** Reubicación del trabajador situado en la embocadura del nivel de manera que queden protegidos por la acción de las barreras de agua.

Esta medida organizativa reduce la severidad de algunos riesgos de Catastrófica a Mayor, por alejar a los trabajadores de posibles puntos de inicio de explosión e igualmente el riesgo Mayor pasará a Menor por la existencia de barreras de agua.

- **001-29.M05:** Elaboración de Norma de Seguridad para que la carga del material sutirado se realice de forma segura teniendo en cuenta los riesgos de explosión.
- **001-29.M06:** Elaboración de Norma de Seguridad para que no se produzcan acumulaciones de capas de polvo sobre los equipos.
- **001-29.M07:** Elaboración de una Disposición Interna de Seguridad para el mantenimiento de los equipos (eléctricos, mecánicos y herramientas) con el objetivo de evitar la generación de chispas mecánicas o eléctricas. Estableciendo tipos de revisiones a realizar y periodicidad de las mismas.
- **001-29.M08:** Comprobación de que los álabes de ventiladores neumáticos y turbinas eléctricas están contruidos con los materiales adecuados según el proyecto de norma prEN 14986 – “Design of fans working in potentially explosive atmospheres”, y en caso de que no sea así tomar las medidas adecuadas (sustitución de las piezas que sean potenciales fuentes de ignición en caso de fricción por piezas seguras).

Tras la reevaluación de los riesgos de explosión identificados para esta tarea los niveles de riesgo quedan de la siguiente forma.

### REEVALUACIÓN DE RIESGOS TRAS LAS ADOPCIÓN DE MEDIDAS TAREA ESTUDIADA: 001-29 SUTIRAR

Referencia	Probabilidad Global	Severidad	Nivel de Riesgo	
001-29.01	Improbable	Mayor	C	MODERADO
001-29.02	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.03	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.04	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.05	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.06	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.07	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.08	Improbable	Menor	C	MODERADO

Referencia	Probabilidad Global	Severidad	Nivel de Riesgo	
001-29.09	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.10	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.11	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.12	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.13	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.14	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.15	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.16	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.17	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.18	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.19	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.20	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.21	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.22	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.23	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.24	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.25	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.26	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.27	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.28	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.29	Improbable	Menor	C	MODERADO
001-29.30	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.31	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.32	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.33	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.34	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.35	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.36	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.37	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.38	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.39	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.40	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.41	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.42	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.43	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.44	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.45	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.46	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.47	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.48	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.49	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.50	Remota	Menor	C	MODERADO
001-29.51	Remota	Menor	C	MODERADO

**TAREA CON RIESGO IDENTIFICADO: 001-34****SERVICIO: ARRANQUE****PROCESO: SUBNIVELES****TAREA: AVANCE CON MINADOR****DETERMINACIÓN DE LA TAREA A EVALUAR**

**Descripción:** La tarea consiste en el roce del carbón del frente mediante la utilización de minador continuo. El mineral rozado es evacuado automáticamente al pancer situado en el fondo de saco del nivel.

El pancer de nivel descarga sobre otro pancer que recorre el recorte y que descarga al pozo primario donde el carbón cae por gravedad hasta las cintas de transporte general del pozo.

Esta tarea es realizada por cuatro mineros, tres se sitúan en el fondo de saco, rocista y dos ayudantes, uno manejando la máquina y otros dos en tareas de apoyo, el otro se sitúa a nivel de transvase al pozo general, en funciones de control y vigilancia.

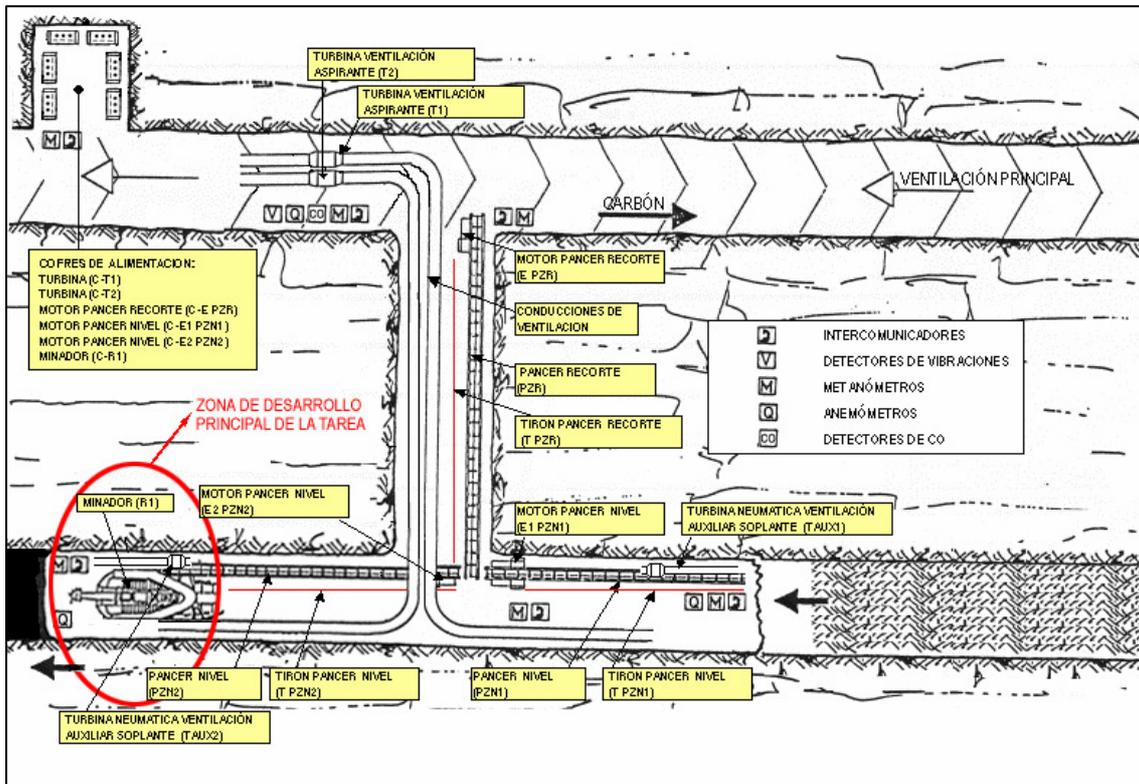
En la operación normal estará en funcionamiento la ventilación secundaria aspirante con turbinas de 15 kW auxiliada en los frentes por ventilación soplante neumática. Los cofres de alimentación eléctrica se sitúan fuera del nivel en un nicho realizado en el primario con el fin de mantenerlos fuera del subnivel bañados por la corriente de ventilación principal.

Para el dimensionamiento del caudal de aspiración se tendrá en cuenta el desprendimiento de grisú calculado para la fase de sutiraje, de manera que se asegure una concentración inferior al 1,5% (V/V).

En el DIAGRAMA DE NIVEL se muestra la ubicación concreta donde se desarrollan los trabajos principales implicados en la tarea descrita.

## Diagramas esquemáticos del proceso:

### Diagrama de NIVEL (planta)



Esta tarea comprende los siguientes criterios de ejecución:

- Realizar las operaciones de mantenimiento de primer nivel aplicables al minador y sus elementos accesorios siguiendo las instrucciones del manual de mantenimiento.
- Poner en marcha el minador de forma segura previo aviso acústico.
- Rozar el frente según las características de la capa, observando los parámetros hidráulicos y eléctricos de funcionamiento que registra el tablero de mando.
- Controlar el vertido de carbón o escombros sobre el pancer de nivel.
- Parar el minador de forma segura una vez avanzada la distancia establecida entre cuadros.
- Respetar las normas internas de seguridad sobre avance de galerías con minador.

## ANÁLISIS FUNCIONAL DE ESTADOS:

### GRISÚ

Estado físico de la sustancia	Proceso/Localización	Energías / Estados de operación
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">ROZAMIENTO DE CARBÓN GAS DESPRENDIDO</div> <p style="text-align: center;">↓</p>	
<b>GAS: PRESENCIA DE GRISÚ</b> C<100% V/V	<b>CABEZA DE CORTE MINADOR</b> <b>LOCALIZACIÓN: FRENTE FONDO DE SACO (1)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>10 metros desde el frente hasta ventilador auxiliar soplante (2)</li> </ul>	DESPRENDIMIENTO. ROCE DE CABEZA DE CORTE CON LA CAPA DE CARBÓN Energía mecánica Energía eléctrica T <sup>a</sup> : ROZAMIENTO PICAS-CAPA-HASTIALES T <sup>a</sup> = f(material pica, material rozado, velocidad giro tambor, sistemas refrigeración)
	<p style="text-align: center;">↓</p>	
<b>GAS: GRISÚ DILUIDO</b> C<1,5% V/V	Zona exterior de la conducción <b>VENTILADOR AUXILIAR NEUMÁTICO SOPLANTE</b> <b>LOCALIZACIÓN: A 10 METROS DEL FRENTE (3)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>100 metros hasta entronque con recorte (4)</li> <li>20 de recorte hasta entronque con plano (5)</li> <li>10 m de plano hasta ventilador secundario (6)</li> </ul>	PRIMERA DILUCIÓN Energía neumática T <sup>a</sup> , P : EXTERIOR VENTILADOR NEUMÁTICO
	<p style="text-align: center;">↓</p>	
<b>GAS: GRISU DILUIDO</b> C<1,5% V/V	Zona exterior e interior de la conducción <b>VENTILADOR SECUNDARIO ELÉCTRICO ASPIRANTE</b> <b>LOCALIZACIÓN: POZO PRIMARIO (7)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nicho de cofres situado a mitad de plano (8)</li> </ul>	SEGUNDA DILUCIÓN Energía eléctrica T <sup>a</sup> , P : INTERIOR VENTILADOR ELECTRICO
	<p style="text-align: center;">↓</p>	
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">RESTANTE LONGITUD DE PLANO</div>	
<b>Número de Localizaciones identificadas</b>		<b>8</b>

Durante la ejecución de la tarea se tiene:

V <sub>1</sub> (cm <sup>3</sup> /10g/35s) (medido a 1,5 m)	VENTILACIÓN	PROBABILIDAD
1,5	FUNCIONAMIENTO NORMAL	IMPROBABLE

### POLVO DE CARBÓN

Estado físico de la sustancia	Proceso/Localización	Energías / Estados de operación
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">ROZAMIENTO DE CARBÓN CARBÓN DESPRENDIDO</div> <p style="text-align: center;">↓</p>	
<b>POLVO EN SUSPENSIÓN:</b> CONCENTRACIÓN ALTA <b>POLVO DEPOSITADO:</b> SUPERFICIES HORIZONTALES	<b>CABEZA DE CORTE DEL MINADOR</b> <b>LOCALIZACIÓN:</b> FRENTE FONDO DE SACO (1) <ul style="list-style-type: none"> <li>5 metros hasta zona de Traslase Minador-Pancer de Nivel</li> </ul>	DESPRENDIMIENTO. ROCE DE CABEZA DE CORTE CON LA CAPA DE CARBÓN Energía mecánica Energía eléctrica Tª : ROZAMIENTO PICAS-CAPA-HASTIALES Tª = f(material pica, material rozado, velocidad giro tambor, sistemas refrigeración)
<b>POLVO EN SUSPENSIÓN:</b> CONCENTRACIÓN MEDIA <b>POLVO DEPOSITADO:</b> SUPERFICIES HORIZONTALES	<b>CINTA DE MINADOR A PANCER DE RECORTE</b> <b>LOCALIZACIÓN:</b> FRENTE FONDO DE SACO (en explotación completa, en este nudo descargan los dos panceres de nivel) (1) <ul style="list-style-type: none"> <li>100 metros hasta zona de transvase con pancer de recorte</li> </ul>	TRASVASE MINADOR-PANCER DE NIVEL Energía mecánica Energía eléctrica Tª, P : AMBIENTE MINA
<b>POLVO EN SUSPENSIÓN:</b> CONCENTRACIÓN MEDIA <b>POLVO DEPOSITADO:</b> SUPERFICIES HORIZONTALES	<b>PANCER DE NIVEL A PANCER DE RECORTE</b> <b>LOCALIZACIÓN:</b> EMBOCADURA DE NIVEL (en explotación completa, en este nudo descargan los dos panceres de nivel) (4) <ul style="list-style-type: none"> <li>20 metros hasta zona cabeza de pancer de recorte</li> </ul>	PRIMER TRASVASE DE CARBÓN Energía mecánica Energía eléctrica Tª, P : AMBIENTE MINA
<b>POLVO EN SUSPENSIÓN:</b> CONCENTRACIÓN MEDIA <b>POLVO DEPOSITADO:</b> SUPERFICIES HORIZONTALES	<b>PANCER DE RECORTE A CHAPEO POZO PRIMARIO</b> <b>LOCALIZACIÓN:</b> EMBOCADURA DE RECORTE (5) <ul style="list-style-type: none"> <li>Nicho de cofres situado a mitad de plano (8)</li> </ul>	SEGUNDO TRASVASE DE CARBÓN Energía mecánica Energía eléctrica Tª, P : AMBIENTE MINA
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">RESTANTE LONGITUD DE PLANO</div>	
<b>Número de Localizaciones identificadas</b>		<b>5</b>

Durante la ejecución de la tarea se tiene:

GRANULOMETRÍA (µm)	MEDIDAS ANTIEMPOLVAMIENTO	PROBABILIDAD
85	SI (EN CABEZA DE CORTE DEL MINADOR)	REMOTA
85	NO (EN EL RESTO)	PROBABLE

## IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES FUENTES DE IGNICIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA TAREA

Identificación de fuentes de ignición (UNE EN 1127-2)			
TAREA ESTUDIADA: AVANCE CON MINADOR			
Posibles fuentes de ignición: EQUIPOS			
Tipo de fuente de ignición	Equipo o instalación o acción / Localización	Causa	Significativo (Incluir razón)
1. Superficies calientes	MOTORES MINADOR (R1) / FRENTE (2)	Sobrecarga Fallo relé	SI – Puede alcanzarse la TMI de la capa de polvo de carbón en un fallo (300 °C (0,005 m))
	MOTORES MINADOR (R1) / FRENTE (2)	Fricción Elementos internos	“
	MOTOR PANCER NIVEL (E PZN2) / NIVEL (4)	Sobrecarga Fallo relé	“
	MOTOR PANCER NIVEL (E PZN2) / NIVEL (4)	Fricción Elementos internos	“
	MOTOR PANCER RECORTE (E PZR) / RECORTE (5)	Sobrecarga Fallo relé	“
	MOTOR PANCER RECORTE (E PZR) / RECORTE (5)	Fricción Elementos internos	“
	MOTOR TURBINA (T2) / POZO PRIMARIO (7)	Sobrecarga Fallo relé	“
	MOTOR TURBINA (T2) / POZO PRIMARIO (7)	Fricción Elementos internos	“
	COFRE ALIMENTACIÓN - R1 (C-R1) / PLANO (8)	Sobrecarga Fallo relé	“
	COFRE ALIMENTACIÓN – T2 (C-T2) / PLANO (8)	Sobrecarga Fallo relé	“
	COFRE ALIMENTACIÓN - E PZR (C-E PZR) / PLANO (8)	Sobrecarga Fallo relé	“
	COFRE ALIMENTACIÓN - E PZN2 (C-E PZN2) / PLANO (8)	Sobrecarga Fallo relé	“
2. Llamas y gases calientes (incluir partículas calientes)	---	---	---
3. Chispas generadas mecánicamente	CABEZA DE CORTE MINADOR (R1) / FRENTE (1)	Fricción Picas-Frente Excesiva velocidad	SI – Pueden producirse chispas mecánicas con suficiente energía en un fallo ( $E > 3 \cdot 10^{-4}$ J)
	CABEZA DE CORTE MINADOR (R1) / FRENTE (1)	Fricción Picas-Frente Fallo inyección agua	“
	CABEZA DE CORTE MINADOR (R1) / FRENTE (1)	Fricción Picas-Frente Picas desgastadas	“
	CABEZA DE CORTE MINADOR (R1) / FRENTE (1)	Fricción Picas-Frente Otros materiales	“
	ASPAS VETILADOR NEUMÁTICO (T AUX2) / FRENTE (3)	Fricción Aspas - Carcasa	“
	CADENAS PANCER (E PZN2) / NIVEL (4)	Choque Cadenas - Otros	“
	CADENAS PANCER (E PZR) / RECORTE (5)	Choque Cadenas - Otros	“
	ASPAS TURBINA (T2) / POZO PRIMARIO (7)	Fricción Aspas - Carcasa	“
4. Aparatos eléctricos	MOTORES MINADOR (R1) / FRENTE (2)	Fallo eléctrico Chispa o arco	SI – Pueden producirse chispas eléctricas o arcos con suficiente energía en fallo ( $E > 3 \cdot 10^{-4}$ J)
	CAJAS DE BORNAS MOTORES MINADOR (R1) / FRENTE (2)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	MOTOR PANCER NIVEL (E PZN2) / NIVEL (4)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	CAJA BORNAS MOTOR (E PZN2) / NIVEL (4)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	MOTOR PANCER RECORTE (E PZR) / RECORTE (5)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“

Identificación de fuentes de ignición (UNE EN 1127-2)			
TAREA ESTUDIADA: AVANCE CON MINADOR			
Posibles fuentes de ignición: EQUIPOS			Significativo (Incluir razón)
Tipo de fuente de ignición	Equipo o instalación o acción / Localización	Causa	
	CAJA BORNAS MOTOR (E PZR) / RECORTE (5)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	MOTOR TURBINA (T2) / POZO PRIMARIO (7)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	CAJA BORNAS MOTOR TURBINA (T2) / POZO PRIMARIO (7)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	COMP. SECCIONADOR COFRE - R1 (C-R1) / PLANO (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	COMP. MANIOBRA COFRE - R1 (C-R1) / PLANO (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	COMP. SECCIONADOR COFRE - T1 (C-T2) / PLANO (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	COMP. MANIOBRA COFRE - T1 (C-T2) / PLANO (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	COMP. SECCIONADOR COFRE - E PZR (C - E PZR) / PLANO (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	COMP. MANIOBRA COFRE - E PZR (C - E PZR) / PLANO (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	COMP. SECCIONADOR COFRE - E PZN2 (C - E PZN2) / PLANO (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
	COMP. MANIOBRA COFRE - E PZN2 (C - E PZN2) / PLANO (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	“
5. Corrientes de fuga, corrosión de las protecciones catódicas	MOTOR PANCER NIVEL (E PZN2) / NIVEL (4)	Corrosión Arco por fuga	SI – Pueden producirse chispas eléctricas o arcos con suficiente energía en fallo (E> 3·10 <sup>-4</sup> J)
	CAJA BORNAS MOTOR (E PZN2) / NIVEL (4)	Corrosión Arco por fuga	“
	MOTOR PANCER RECORTE (E PZR) / RECORTE (5)	Corrosión Arco por fuga	“
	CAJA BORNAS MOTOR (E PZR) / RECORTE (5)	Corrosión Arco por fuga	“
6. Electricidad estática	---	---	---
7. Rayos	---	---	---
8. Radio frecuencias (RF) ondas electromagnéticas de 10 <sup>4</sup> Hz a 3 · 10 <sup>12</sup> Hz	---	---	---
9. Ondas eletromagnéticas desde 3·10 <sup>11</sup> Hz a e · 10 <sup>5</sup> Hz	---	---	---
10. Radiaciones ionizantes	---	---	---
11. Ultrasonidos	---	---	---
12. Compresión adiabática y ondas de choque	---	---	---
13. Reacciones exotérmicas, incluyendo autoignición de polvos	---	---	---
<b>Número de Fuentes de ignición identificadas</b>			<b>40</b>

## Características de los equipos en operación:

EQUIPO/ Nº FICHA DE MAQUINA	CATEGORÍA / MARCADO	EVALUACIÓN DE PROPABILIDAD DE APARICIÓN DE FUENTES DE IGNICIÓN EN LOS EQUIPOS		
		ANTIGÜEDAD (horas de funcionamiento)	MANTENIMIENTO	PROBABILIDAD
MINADOR (R1)	Motores M2 Inyección agua en picas	12.000	1 <sup>er</sup> NIVEL :DIARIO 2º NIVEL: MENSUAL	REMOTA
VENTILADOR AUXILIAR NEUMÁTICO (T AUX2)	M2	15.000	ANUAL	REMOTA
TURBINA DE VENTILACIÓN ASPIRANTE (T2)	M2	15.000	TRIMESTRAL	REMOTA
MOTOR PANCER RECORTE (E PZR)	M2	60.000	ANUAL	REMOTA
MOTOR PANCER NIVEL (E1 PZN2)	M2	115.000	ANUAL	OCASIONAL
COFRE ALIMENTACIÓN MINADOR (C-R1)	M2	20.000	SEMESTRAL	REMOTA
COFRE ALIMENTACIÓN MOTOR PANCER RECORTE (C-E PZR)	Ex I d	55.000	SEMESTRAL	REMOTA
COFRE ALIMENTACIÓN MOTOR PANCER NIVEL (CE1 PZN2)	Ex I d	30.000	SEMESTRAL	REMOTA
COFRE ALIMENTACIÓN TURBINA DE VENTILACIÓN ASPIRANTE (C-T2)	M2	15.000	SEMESTRAL	REMOTA

**La clasificación del emplazamiento en el que están situados los equipos eléctricos se muestra en el Anexo E: Esquemas ATEX de instalaciones eléctricas.**

## REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS DE EXPLOSIÓN

### TAREA ESTUDIADA: 001-34 AVANCE CON MINADOR

RIESGO		ATMÓSFERA EXPLOSIVA		FUENTE DE IGNICIÓN				
Ref.	Tipo	Frecuencia de aparición	Localización	Tipo	Equipo o instalación o acción/ Localización	Causa	Probabilidad	Riesgo Global
001-34.01	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona cabeza de corte minador (1)	Chispas mecánicas	Cabeza de Corte Minador (R1) / Frente (1)	Fricción Picas-Frente Excesiva velocidad	Remota	IMPROBABLE
001-34.02	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona cabeza de corte minador (1)	Chispas Mecánicas	Cabeza de Corte Minador (R1) / Frente (1)	Fricción Picas-Frente Fallo inyección agua	Remota	IMPROBABLE
001-34.03	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona cabeza de corte minador (1)	Chispas Mecánicas	Cabeza de Corte Minador (R1) / Frente (1)	Fricción Picas-Frente Picas desgastadas	Remota	IMPROBABLE
001-34.04	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona cabeza de corte minador (1)	Chispas Mecánicas	Cabeza de Corte Minador (R1) / Frente (1)	Fricción Picas-Frente Otros materiales	Remota	IMPROBABLE
001-34.05	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona frente hasta ventilador auxiliar (2)	Superficies calientes	Motores Minador (R1) / Frente (2)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	IMPROBABLE
001-34.06	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona frente hasta ventilador auxiliar (2)	Superficies calientes	Motores Minador (R1) / Frente (2)	Fricción Elementos internos	Remota	IMPROBABLE

RIESGO		ATMÓSFERA EXPLOSIVA		FUENTE DE IGNICIÓN				
Ref.	Tipo	Frecuencia de aparición	Localización	Tipo	Equipo o instalación o acción/ Localización	Causa	Probabilidad	Riesgo Global
001-34.07	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona frente hasta ventilador auxiliar (2)	Aparatos eléctricos	Motores Minador (R1) / Frente (2)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE
001-34.08	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona frente hasta ventilador auxiliar (2)	Aparatos eléctricos	Cajas de Bornas Motores Minador (R1) / Frente (2)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE
001-34.09	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona ventilador auxiliar neumático (3)	Chispas mecánicas	Aspas ventilador neumático (T AUX2) / Frente (3)	Fricción Aspas - Carcasa	Remota	IMPROBABLE
001-34.10	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 100 metros de nivel hasta entronque (4)	Superficies calientes	Motor Pancer Nivel (E PZN2) / Nivel (4)	Sobrecarga Fallo relé	Ocasional	IMPROBABLE
001-34.11	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 100 metros de nivel hasta entronque (4)	Superficies calientes	Motor Pancer Nivel (E PZN2) / Nivel (4)	Fricción Elementos internos	Ocasional	IMPROBABLE
001-34.12	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 100 metros de nivel hasta entronque (4)	Chispas mecánicas	Cadenas Pancer (E PZN2) / Nivel (4)	Choque Cadenas - Otros	Ocasional	IMPROBABLE
001-34.13	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 100 metros de nivel hasta entronque (4)	Aparatos eléctricos	Motor Pancer Nivel (E PZN2) / Nivel (4)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Ocasional	IMPROBABLE

RIESGO		ATMÓSFERA EXPLOSIVA		FUENTE DE IGNICIÓN				
Ref.	Tipo	Frecuencia de aparición	Localización	Tipo	Equipo o instalación o acción/ Localización	Causa	Probabilidad	Riesgo Global
001-34.14	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 100 metros de nivel hasta entronque (4)	Aparatos eléctricos	Caja Bornas Motor (E PZN2) / Nivel (4)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Ocasional	IMPROBABLE
001-34.15	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 100 metros de nivel hasta entronque (4)	Corrientes de fuga	Motor Pancer Nivel (E PZN2) / Nivel (4)	Corrosión Arco por fuga	Ocasional	IMPROBABLE
001-34.16	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 100 metros de nivel hasta entronque (4)	Corrientes de fuga	Caja Bornas Motor (E PZN2) / Nivel (4)	Corrosión Arco por fuga	Ocasional	IMPROBABLE
001-34.17	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 20 metros de recorte hasta plano (5)	Superficies calientes	Motor Pancer Recorte (E PZR) / Recorte (5)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	IMPROBABLE
001-34.18	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 20 metros de recorte hasta plano (5)	Superficies calientes	Motor Pancer Recorte (E PZR) / Recorte (5)	Fricción Elementos internos	Remota	IMPROBABLE
001-34.19	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 20 metros de recorte hasta plano (5)	Chispas mecánicas	Cadenas Pancer (E PZR) / Recorte (5)	Choque Cadenas - Otros	Remota	IMPROBABLE
001-34.20	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 20 metros de recorte hasta plano (5)	Aparatos eléctricos	Motor Pancer Recorte (E PZR) / Recorte (5)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE

RIESGO		ATMÓSFERA EXPLOSIVA		FUENTE DE IGNICIÓN				
Ref.	Tipo	Frecuencia de aparición	Localización	Tipo	Equipo o instalación o acción/ Localización	Causa	Probabilidad	Riesgo Global
001-34.21	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 20 metros de recorte hasta plano (5)	Aparatos eléctricos	Caja Bornas Motor (E PZR) / Recorte (5)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE
001-34.22	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 20 metros de recorte hasta plano (5)	Corrientes de fuga	Motor Pancer Recorte (E PZR) / Recorte (5)	Corrosión Arco por fuga	Remota	IMPROBABLE
001-34.23	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Tramo 20 metros de recorte hasta plano (5)	Corrientes de fuga	Caja Bornas Motor (E PZR) / Recorte (5)	Corrosión Arco por fuga	Remota	IMPROBABLE
001-34.24	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona turbina ventilación secundaria (7)	Superficies calientes	Motor Turbina (T2) / Pozo Primario (7)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	IMPROBABLE
001-34.25	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona turbina ventilación secundaria (7)	Superficies calientes	Motor Turbina (T2) / Pozo Primario (7)	Fricción Elementos internos	Remota	IMPROBABLE
001-34.26	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona turbina ventilación secundaria (7)	Chispas mecánicas	Aspas Turbina (T2) / Pozo Primario (7)	Fricción Aspas - Carcasa	Remota	IMPROBABLE
001-34.27	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona turbina ventilación secundaria (7)	Aparatos eléctricos	Motor Turbina (T2) / Pozo Primario (7)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE

RIESGO		ATMÓSFERA EXPLOSIVA		FUENTE DE IGNICIÓN				
Ref.	Tipo	Frecuencia de aparición	Localización	Tipo	Equipo o instalación o acción/ Localización	Causa	Probabilidad	Riesgo Global
001-34.28	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona turbina ventilación secundaria (7)	Aparatos eléctricos	Caja Bornas Motor Turbina (T2) / Pozo Primario (7)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE
001-34.29	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Superficies calientes	Cofre Alimentación - R1 (C-R1) / Plano (8)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	IMPROBABLE
001-34.30	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Superficies calientes	Cofre Alimentación – T2 (C-T2) / Plano (8)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	IMPROBABLE
001-34.31	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Superficies calientes	Cofre Alimentación – E PZR (C-E PZR) / Plano (8)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	IMPROBABLE
001-34.32	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Superficies calientes	Cofre Alimentación – E PZN2 (C-E PZN2) / Plano (8)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	IMPROBABLE
001-34.33	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Seccionador Cofre - R1 (C-R1) / Plano (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE
001-34.34	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Maniobra Cofre - R1 (C-R1) / Plano (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE

RIESGO		ATMÓSFERA EXPLOSIVA		FUENTE DE IGNICIÓN				
Ref.	Tipo	Frecuencia de aparición	Localización	Tipo	Equipo o instalación o acción/ Localización	Causa	Probabilidad	Riesgo Global
001-34.35	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Seccionador Cofre - T1 (C-T2) / Plano (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE
001-34.36	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Maniobra Cofre - T1 (C-T2) / Plano (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE
001-34.37	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Seccionador Cofre – E PZR (C - E PZR) / Plano (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE
001-34.38	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Maniobra Cofre – E PZR (C - E PZR) / Plano (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE
001-34.39	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Seccionador Cofre - E PZN2 (C - E PZN2) / Plano (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE
001-34.40	Volumen de grisú en movimiento.	Improbable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Maniobra Cofre - E PZN2 (C - E PZN2) / Plano (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	IMPROBABLE
001-34.41	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Remota en funcionamiento normal	Zona cabeza de corte minador (1)	Chispas mecánicas	Cabeza de Corte Minador (R1) / Frente (1)	Fricción Picas-Frente Excesiva velocidad	Remota	REMOTA
001-34.42	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Remota en funcionamiento normal	Zona cabeza de corte minador (1)	Chispas Mecánicas	Cabeza de Corte Minador (R1) / Frente (1)	Fricción Picas-Frente Fallo inyección agua	Remota	REMOTA

RIESGO	ATMÓSFERA EXPLOSIVA			FUENTE DE IGNICIÓN				
Ref.	Tipo	Frecuencia de aparición	Localización	Tipo	Equipo o instalación o acción/ Localización	Causa	Probabilidad	Riesgo Global
001-34.43	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Remota en funcionamiento normal	Zona cabeza de corte minador (1)	Chispas Mecánicas	Cabeza de Corte Minador (R1) / Frente (1)	Fricción Picas-Frente Picas desgastadas	Remota	REMOTA
001-34.44	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Remota en funcionamiento normal	Zona cabeza de corte minador (1)	Chispas Mecánicas	Cabeza de Corte Minador (R1) / Frente (1)	Fricción Picas-Frente Otros materiales	Remota	REMOTA
001-34.45	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Transvase Minador - Pancer de nivel (1)	Superficies calientes	Motores Minador (R1) / Frente (2)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	OCASIONAL
001-34.46	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Transvase Minador - Pancer de nivel (1)	Superficies calientes	Motores Minador (R1) / Frente (2)	Fricción Elementos internos	Remota	OCASIONAL
001-34.47	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Transvase Minador - Pancer de nivel (1)	Aparatos eléctricos	Motores Minador (R1) / Frente (2)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL
001-34.48	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Transvase Minador - Pancer de nivel (1)	Aparatos eléctricos	Cajas de Bornas Motores Minador (R1) / Frente (2)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL
001-34.49	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Primer Transvase. Entronque con Recorte (4)	Superficies calientes	Motor Pancer Nivel (E PZN2) / Nivel (4)	Sobrecarga Fallo relé	Ocasional	PROBABLE
001-34.50	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Primer Transvase. Entronque con Recorte (4)	Superficies calientes	Motor Pancer Nivel (E PZN2) / Nivel (4)	Fricción Elementos internos	Ocasional	PROBABLE

RIESGO	ATMÓSFERA EXPLOSIVA			FUENTE DE IGNICIÓN				
	Ref.	Tipo	Frecuencia de aparición	Localización	Tipo	Equipo o instalación o acción/ Localización	Causa	Probabilidad
001-34.51	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Primer Transvase. Entronque con Recorte (4)	Chispas mecánicas	Cadenas Pancer (E PZN2) / Nivel (4)	Choque Cadenas - Otros	Ocasional	PROBABLE
001-34.52	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Primer Transvase. Entronque con Recorte (4)	Aparatos eléctricos	Motor Pancer Nivel (E PZN2) / Nivel (4)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Ocasional	PROBABLE
001-34.53	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Primer Transvase. Entronque con Recorte (4)	Aparatos eléctricos	Caja Bornas Motor (E PZN2) / Nivel (4)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Ocasional	PROBABLE
001-34.54	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Primer Transvase. Entronque con Recorte (4)	Corrientes de fuga	Motor Pancer Nivel (E PZN2) / Nivel (4)	Corrosión Arco por fuga	Ocasional	PROBABLE
001-34.55	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Primer Transvase. Entronque con Recorte (4)	Corrientes de fuga	Caja Bornas Motor (E PZN2) / Nivel (4)	Corrosión Arco por fuga	Ocasional	PROBABLE
001-34.56	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Segundo Transvase. Entronque con Plano Primario (5)	Superficies calientes	Motor Pancer Recorte (E PZR) / Recorte (5)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	OCASIONAL
001-34.57	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Segundo Transvase. Entronque con Plano Primario (5)	Superficies calientes	Motor Pancer Recorte (E PZR) / Recorte (5)	Fricción Elementos internos	Remota	OCASIONAL
001-34.58	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Segundo Transvase. Entronque con Plano Primario (5)	Chispas mecánicas	Cadenas Pancer (E PZR) / Recorte (5)	Choque Cadenas - Otros	Remota	OCASIONAL

RIESGO	ATMÓSFERA EXPLOSIVA			FUENTE DE IGNICIÓN				
	Ref.	Tipo	Frecuencia de aparición	Localización	Tipo	Equipo o instalación o acción/ Localización	Causa	Probabilidad
001-34.59	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Segundo Transvase. Entronque con Plano Primario (5)	Aparatos eléctricos	Motor Pancer Recorte (E PZR) / Recorte (5)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL
001-34.60	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Segundo Transvase. Entronque con Plano Primario (5)	Aparatos eléctricos	Caja Bornas Motor (E PZR) / Recorte (5)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL
001-34.61	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Segundo Transvase. Entronque con Plano Primario (5)	Corrientes de fuga	Motor Pancer Recorte (E PZR) / Recorte (5)	Corrosión Arco por fuga	Remota	OCASIONAL
001-34.62	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Segundo Transvase. Entronque con Plano Primario (5)	Corrientes de fuga	Caja Bornas Motor (E PZR) / Recorte (5)	Corrosión Arco por fuga	Remota	OCASIONAL
001-34.63	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Superficies calientes	Cofre Alimentación - R1 (C-R1) / Plano (8)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	OCASIONAL
001-34.64	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Superficies calientes	Cofre Alimentación - T2 (C-T2) / Plano (8)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	OCASIONAL
001-34.65	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Superficies calientes	Cofre Alimentación - E PZR (C-E PZR) / Plano (8)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	OCASIONAL
001-34.66	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Superficies calientes	Cofre Alimentación - E PZN2 (C-E PZN2) / Plano (8)	Sobrecarga Fallo relé	Remota	OCASIONAL

RIESGO	ATMÓSFERA EXPLOSIVA			FUENTE DE IGNICIÓN				
Ref.	Tipo	Frecuencia de aparición	Localización	Tipo	Equipo o instalación o acción/ Localización	Causa	Probabilidad	Riesgo Global
001-34.67	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Seccionador Cofre - R1 (C-R1) / Plano (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL
001-34.68	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Maniobra Cofre - R1 (C-R1) / Plano (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL
001-34.69	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Seccionador Cofre - T1 (C-T2) / Plano (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL
001-34.70	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Maniobra Cofre - T1 (C-T2) / Plano (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL
001-34.71	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Seccionador Cofre – E PZR (C - E PZR) / Plano (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL
001-34.72	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Maniobra Cofre – E PZR (C - E PZR) / Plano (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL
001-34.73	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Seccionador Cofre - E PZN2 (C - E PZN2) / Plano (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL
001-34.74	Nube o capa de polvo de carbón localizada	Probable en funcionamiento normal	Zona Nicho de Cofres en el plano (8)	Aparatos eléctricos	Comp. Maniobra Cofre - E PZN2 (C - E PZN2) / Plano (8)	Fallo eléctrico Chispa o arco	Remota	OCASIONAL

## EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DE EXPLOSIÓN REGISTRADOS

### TAREA ESTUDIADA: 001-34 AVANCE CON MINADOR

Referencia	Probabilidad Global	Severidad	Nivel de Riesgo	
001-34.01	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.02	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.03	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.04	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.05	IMPROBABLE	CATASTROFE	B	IMPORTANTE
001-34.06	IMPROBABLE	CATASTROFE	B	IMPORTANTE
001-34.07	IMPROBABLE	CATASTROFE	B	IMPORTANTE
001-34.08	IMPROBABLE	CATASTROFE	B	IMPORTANTE
001-34.09	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.10	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.11	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.12	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.13	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.14	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.15	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.16	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.17	IMPROBABLE	CATASTROFE	B	IMPORTANTE
001-34.18	IMPROBABLE	CATASTROFE	B	IMPORTANTE
001-34.19	IMPROBABLE	CATASTROFE	B	IMPORTANTE
001-34.20	IMPROBABLE	CATASTROFE	B	IMPORTANTE
001-34.21	IMPROBABLE	CATASTROFE	B	IMPORTANTE
001-34.22	IMPROBABLE	CATASTROFE	B	IMPORTANTE
001-34.23	IMPROBABLE	CATASTROFE	B	IMPORTANTE
001-34.24	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.25	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.26	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.27	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.28	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.29	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.30	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.31	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.32	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.33	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.34	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.35	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.36	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.37	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.38	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.39	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.40	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.41	REMOTA	MAYOR	B	IMPORTANTE
001-34.42	REMOTA	MAYOR	B	IMPORTANTE
001-34.43	REMOTA	MAYOR	B	IMPORTANTE

Referencia	Probabilidad Global	Severidad	Nivel de Riesgo	
001-34.44	REMOTA	MAYOR	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-34.45	OCASIONAL	CATASTROFE	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-34.46	OCASIONAL	CATASTROFE	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-34.47	OCASIONAL	CATASTROFE	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-34.48	OCASIONAL	CATASTROFE	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-34.49	PROBABLE	MAYOR	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-34.50	PROBABLE	MAYOR	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-34.51	PROBABLE	MAYOR	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-34.52	PROBABLE	MAYOR	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-34.53	PROBABLE	MAYOR	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-34.54	PROBABLE	MAYOR	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-34.55	PROBABLE	MAYOR	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-34.56	OCASIONAL	CATASTROFE	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-34.57	OCASIONAL	CATASTROFE	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-34.58	OCASIONAL	CATASTROFE	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-34.59	OCASIONAL	CATASTROFE	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-34.60	OCASIONAL	CATASTROFE	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-34.61	OCASIONAL	CATASTROFE	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-34.62	OCASIONAL	CATASTROFE	<b>A</b>	INTOLERABLE
001-34.63	OCASIONAL	MAYOR	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-34.64	OCASIONAL	MAYOR	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-34.65	OCASIONAL	MAYOR	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-34.66	OCASIONAL	MAYOR	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-34.67	OCASIONAL	MAYOR	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-34.68	OCASIONAL	MAYOR	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-34.69	OCASIONAL	MAYOR	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-34.70	OCASIONAL	MAYOR	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-34.71	OCASIONAL	MAYOR	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-34.72	OCASIONAL	MAYOR	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-34.73	OCASIONAL	MAYOR	<b>B</b>	IMPORTANTE
001-34.74	OCASIONAL	MAYOR	<b>B</b>	IMPORTANTE

El proceso de evaluación de los riesgos de explosión es un proceso iterativo, una vez se hayan adoptado las medidas específicas de protección contra explosiones para la tarea estudiada expuestas a continuación se procederá a realizar una segunda evaluación para valorar si estos se han eliminado o reducido a límites aceptables y, en caso de que no sea así, se tomarán medidas adicionales hasta que se consiga eliminar o reducir el peligro.

## MEDIDAS ESPECÍFICAS TÉCNICAS Y ORGANIZATIVAS

### TAREA ESTUDIADA: 001-34 AVANCE CON MINADOR

- **001-34.M01:** En caso de que el análisis de contenido de grisú en capa ofrezca concentraciones de gas elevadas se deberá realizar desgasificación previa de la zona a rozar en cada tramo de avance del minador. La forma correcta de realizar tal desgasificación se recogerá en una Disposición Interna de Seguridad.
- **001-34.M02** Elaboración de Norma de Seguridad para que no se produzcan acumulaciones de capas de polvo sobre los equipos en avance con minador.
- **001-34.M03:** Instalación de lanzas de pulverización de agua para su utilización sobre las zonas de trasvase entre panceres y de descarga al primario.

Esta medida técnica reduce la probabilidad de presencia de atmósferas explosivas de polvo.

GRANULOMETRÍA ( $\mu\text{m}$ )	MEDIDAS ANTIEMPOLVAMIENTO	PROBABILIDAD
85	SI	REMOTA

- **001-34.M04:** Instalación de barreras de agua que serán efectivas a lo largo de toda la sección de galería para prevenir la propagación de la explosión (en caso de producirse) a otras galerías o a otras zonas subterráneas.

Unas barreas se situarán en el extremo del nivel, retrasadas unos metros de la embocadura del recorte, y otras en el extremo del recorte, cercanas a su embocadura con el pozo primario.

Esta medida técnica reduce la severidad Mayor de gran parte de los riesgos, pasando éstos a severidad Menor.

- **001-34.M05:** Instalación en el minador de una cabina para el operario de la maquina que mejore su protección ante una explosión.

- **001-34.M06:** Reubicación del trabajador situado en la embocadura del nivel de manera que queden protegidos por la acción de las barreras de agua.

Esta medida organizativa reduce la severidad de algunos riesgos de Catastrófica a Mayor, por alejar a los trabajadores de posibles puntos de inicio de explosión e igualmente el riesgo Mayor pasará a Menor por la existencia de barreras de agua.

- **001-34.M07:** Elaboración de Disposición Interna de Seguridad para el mantenimiento de minadores con especial atención al mantenimiento de los relés de protección térmica y de sobrecarga de los motores eléctricos, de los sistemas de refrigeración de la zona de corte y del estado de las picas de la cabeza de corte.
- **001-34.M08:** Elaboración de Norma de Seguridad para el manejo de minadores teniendo en cuenta los riesgos de explosión generados por la cabeza de rozado asociados a su mal uso.
- **001-34.M09:** Elaboración de Norma de Seguridad para la organización del trabajo en el frente de tajo en avance con minador.
- **001-34.M10:** En caso de minador con cinta transportadora fabricada con material combustible se situará un detector de CO adicional al situado en el primario (situado entre la cinta y la ventilación).

## REEVALUACIÓN DE RIESGOS TRAS LAS ADOCIÓN DE MEDIDAS TAREA ESTUDIADA: 001-34 AVANCE CON MINADOR

Referencia	Probabilidad Global	Severidad	Nivel de Riesgo	
001-34.01	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.02	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.03	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.04	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.05	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.06	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.07	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.08	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.09	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO

Referencia	Probabilidad Global	Severidad	Nivel de Riesgo	
001-34.10	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.11	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.12	IMPROBABLE	MAYOR	C	MODERADO
001-34.13	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.14	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.15	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.16	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.17	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.18	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.19	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.20	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.21	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.22	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.23	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.24	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.25	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.26	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.27	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.28	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.29	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.30	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.31	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.32	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.33	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.34	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.35	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.36	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.37	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.38	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.39	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.40	IMPROBABLE	MENOR	C	MODERADO
001-34.41	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.42	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.43	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.44	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.45	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.46	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.47	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.48	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.49	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.50	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.51	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.52	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.53	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.54	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.55	REMOTA	MENOR	C	MODERADO

Referencia	Probabilidad Global	Severidad	Nivel de Riesgo	
001-34.56	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.57	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.58	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.59	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.60	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.61	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.62	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.63	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.64	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.65	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.66	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.67	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.68	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.69	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.70	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.71	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.72	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.73	REMOTA	MENOR	C	MODERADO
001-34.74	REMOTA	MENOR	C	MODERADO

## 7 MEDIDAS GENERALES DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

### 7.1 MEDIDAS TÉCNICAS

#### **Ventilación secundaria aspirante auxiliada con soplante neumática. (Ventilación mixta)**

El aire en cada nivel será el necesario para diluir gases a las concentraciones permitidas en el R.G.N.B.S.M y cumpliendo las Disposiciones Internas de Seguridad establecidas en el pozo, a fin de permitir los trabajos del personal y la electrificación de la maquinaria instalada en los fondos de saco.

La ventilación secundaria será aspirante de accionamiento eléctrico, con ventilación auxiliar soplante neumática.

La ventilación en los niveles de la capa se realizará con ventiladores eléctricos de 15 kW en disposición aspirante colocados en el pozo en roca. Para la ventilación de los recortes en roca durante su ejecución hasta antes del corte de la capa se empleará un ventilador neumático 0,6 metros de diámetro en disposición soplante.

#### **Dimensionamiento de la ventilación en la fase de avance**

El caudal necesario para diluir el grisú desprendido en la labor a una concentración del 1,5 % se calcula mediante la fórmula:

$$Q = \frac{Pd \cdot S \cdot i}{0,015 \cdot 3600 \cdot 24} (m^3 / s)$$

siendo:

Pd: producción diaria. (tp/día)

i: coeficiente de irregularidad (tabulado), **i=1,0**

con  $Pd = P \cdot V$  (tp/día)

V: velocidad de sutirado (m/día)

PB: producción bruta diaria (t/día)

V (m/día)	PB (t/día)	Q (m <sup>3</sup> /s)
1	15	0,205
1,1	17	0,226
2	31	0,411
2,2	34	0,452
3,3	50	0,678
4,4	67	0,904

Se ha de cumplir la legislación vigente que exige que como mínimo que:

$$Q = 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Dimensionamiento de la ventilación en la fase de sutiraje

El caudal necesario para diluir el grisú desprendido en la labor a una concentración del 1,5 % se calcula mediante la fórmula:

$$Q = \frac{Pd \cdot S \cdot i}{0,015 \cdot 3600 \cdot 24} (\text{m}^3 / \text{s})$$

siendo:

Pd: producción diaria. (tp/día)

i: coeficiente de irregularidad (tabulado), **i=1,4**

con  $Pd = P \cdot V$  (tp/día)

V: velocidad de sutirado (m/día)

PB: producción bruta diaria (t/día)

V (m/día)	PB (t/día)	Q (m <sup>3</sup> /s)
1	73	0,360
1,1	80	0,396
2	146	0,720
2,2	160	0,792
3,3	241	1,188
4,4	321	1,583

Se ha de cumplir la legislación vigente que exige que como mínimo que:

$$Q = 1,8 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para operar de forma segura fuera de los límites de explosividad se seguirán las Disposiciones Internas de Seguridad y Normas de Seguridad en relación con la ventilación recogidas en el Anexo B de este documento.

- Disposición Interna de Seguridad relativa a al régimen de marcha; arranque y parada de los ventiladores principales.
- Disposición Interna de Seguridad estableciendo una metodología para el control de grisú, CO y CO<sub>2</sub> antes de la entrada del personal en la mina.
- Disposición Interna de Seguridad relativa a ventilación secundaria.
- Disposición Interna de Seguridad estableciendo el método para la purga de acumulaciones de gas en fondos de saco en cumplimiento de la legislación vigente.

---

## **Control ambiental instalado y características técnicas de los componentes**

Para efectuar el control ambiental se ha instalado un sistema de control en tiempo real diseñado para aplicaciones de monitorización y control de subniveles. Las funciones del sistema son:

- 1-Proporcionar un control de la atmósfera de mina en la zona de explotación, de forma que se garantice la seguridad de la instalación.
- 2-Registro de las variables ambientales y de operación.
- 3-Generación de avisos y alarmas al personal de interior.
- 4-Permitir un control local y remoto de la operación de los principales equipos de explotación.

Los motores eléctricos que puedan ser bañados ocasionalmente por una corriente de aire con cierto contenido de metano estarán protegidos por un metanómetro con poder de corte de su alimentación eléctrica.

La particularización del sistema de control a la explotación del Pozo en proyecto así como la ubicación prevista de los equipos a lo largo de la vida de la explotación será descrita a continuación.

La siguiente descripción corresponde a la instalación máxima prevista. La situación exacta de los equipos variará continuamente en función de la fase en que se encuentre la explotación. La configuración de la instalación durante la ejecución del proyecto es la reflejada en el croquis de control ambiental que coincide con el diagrama de Pozo mostrado en el apartado de descripción del proceso.

Se colocarán **intercomunicadores** en la subestación de la planta base, en el punto de carga del pozo, en la proximidad de los electroventiladores, en el retorno general del pozo, y dentro de los niveles en la proximidad de motores eléctricos y al frente de la labor.

Se colocarán **detectores de vibraciones** en todos los electroventiladores.

Se colocarán **metanómetros** en la subestación de la planta base, en la proximidad de los electroventiladores, en el retorno general de pozo y dentro de los niveles en la proximidad de los motores eléctricos y en el frente de la labor.

Se colocarán **anemómetros** al frente de cada nivel activo y en el retorno general del pozo.

Se colocara un **detector de CO** en el retorno general del pozo.

La estructura general del sistema se compone de:

- Las unidades de control descritas con anterioridad:

**Sensores de gas y velocidad de aire** (Metano, CO, anemómetros): Permiten medir concentraciones de los gases en los puntos críticos y comprobar el estado de la ventilación.

**Actuadores de alarma** (botoneras, tirones,..): Las botoneras además de los botones de parada y marcha llevan un botón de parada de emergencia ante una situación de riesgo. Al actuar sobre él pararán todas las máquinas enclavadas.

**Sensores de vibración:** Monitorizan de forma continua el nivel de vibraciones de los ventiladores secundarios.

**Alarmas visuales y sonoras:** Lámparas de señalización (indican de manera visible el estado de funcionamiento de las máquinas), bocinas, circuitos de gobierno de cofres.

**Cableado del sistema de control:** Son de dos tipos; cables de datos y cables de alimentación a sensores y actuadores.

- PLC (para control remoto): Sirven para realizar funciones de entrada y salida. Son las unidades de centralización de señales básicas. Se sitúan en la embocadura de cada recorte y en el nicho de cofres.
- Estación Central: Centraliza las señales procedentes de los PLC. Tendremos una Estación para cada pozo situada en el nivel base del pozo junto a la subestación de transformación. Envían las señales a la Estación Central de Control en el exterior.

- Estación de Control en el exterior. Sala de control donde se centralizan, monitorizan y registran todas las señales procedentes de la mina.

El sistema de control tiene capacidad para:

#### 1. Medir la concentración de gas en los puntos críticos de la explotación.

- Si la concentración de metano alcanza el 1,5% V/V produce de forma automática el corte de tensión y genera la consiguiente alarma que puede ser enviada por los interfonos o mediante una bocina. La señal consiste en un pitido de 3 segundos cada 5 segundos.
- Si la concentración alcanza el 2,5% V/V, se generará la señal de abandono. La señal consiste en pitido de medio segundo cada segundo. El personal debe abandonar el frente.

#### 2. Comprobar el estado de la ventilación en todos los frentes.

Si para la turbina, se produce el corte de tensión a todo el nivel. Las causas que provocan la parada de una turbina (es decir, el corte del cofre del nivel ventilado y una señal de alarma) son:

- Metanómetro de turbina interno >2,5% V/V (situado en el interior de la tubería de ventilación si esta es aspirante)
- Metanómetro de turbina externo >1,5% V/V (situado junto a la turbina que ventila el nivel)

#### 3. Realizar de forma automática cortes de tensión.

Las causas que provocan el disparo de un cofre de nivel (corte de alimentación eléctrica a un nivel) y/o impiden el rearme de la misma son:

- Metano >1,5% V/V en cualquier metanómetro de nivel
- Parada de la turbina de nivel
- Fallo de uno de los metanómetros anteriores

#### 4. Realizar enclavamientos de forma automática.

Cuando se da una orden de marcha a un pancer se comprueba si esta enclavado con alguna otra máquina, en cuyo caso el sistema no dejará

arrancarlo hasta que no se arranque primero esta otra. Al pulsar el botón de parada se detienen todos los panceres enclavados aguas arriba. Así si por ejemplo paramos el pancer de recorte, pararán los de los niveles. Si activamos un tirón se detendrán todos los panceres de la línea.

#### 5. Generar alarmas y avisos al personal de la zona de explotación de las situaciones de riesgo.

Entre ellos están los citados avisos de corte de tensión y de abandono. También permite realizar preavisos de arranque al poner en marcha las máquinas, consistiendo en un aviso de 4 segundos.

Además genera un aviso similar al de corte de tensión si el caudal de ventilación baja al 50% del caudal de ventilación del proyecto.

#### **Características de los equipos que conforman el sistema de alarma y control ambiental:**

<b>EQUIPO/ Nº FICHA DE MAQUINA</b>	<b>CATEGORÍA / MARCADO</b>
Intercomunicadores	M1
Metanómetros	M1 Y M2
Detectores de CO	M2
Vibrómetros	M2
Anemómetros	M1Y M2
Bocinas	M2
Tirones	M2
Unidades de Control Remoto	M2
Estación Maestra Remota	M2

**El esquema ATEX de la instalación del sistema de control ambiental en un nivel en sutiraje se encuentra en el Anexo E**

## 7.2 MEDIDAS ORGANIZATIVAS

### Disposiciones Internas de Seguridad (D.I.S.)

Las Disposiciones Internas de Seguridad específicas para explotaciones por subniveles y que se refieren a la protección contra explosiones recogidas en el Documento de Seguridad y Salud son las siguientes:

- Disposición Interna de Seguridad para el Régimen de marcha; arranque y parada de los ventiladores principales.
- Disposición Interna de Seguridad para el Mantenimiento de las instalaciones eléctricas de interior.
- Disposición Interna de Seguridad para el Alumbrado con lámparas portátiles.
- Disposición Interna de Seguridad estableciendo la Metodología para el control de grisú, CO y CO<sub>2</sub> antes de la entrada del personal en la mina.
- Disposición Interna de Seguridad para la Ventilación secundaria.
- Disposición Interna de Seguridad para la Explotación de capas de carbón por el método de sutiraje por subniveles.
- Disposición Interna de Seguridad para el avance con minador continuo.

### Normas de seguridad

Las Normas de Seguridad específicas para explotaciones por subniveles y que se refieren a la protección contra explosiones recogidas en el Documento de Seguridad y Salud son las siguientes:

- Norma de actuación para la retirada de minadores.
- Norma para la purga de la ventilación secundaria.

## Formación de los trabajadores

En los cursos de formación impartidos a los trabajadores existe formación específica relativa a la protección contra explosiones que se divide en dos bloques.

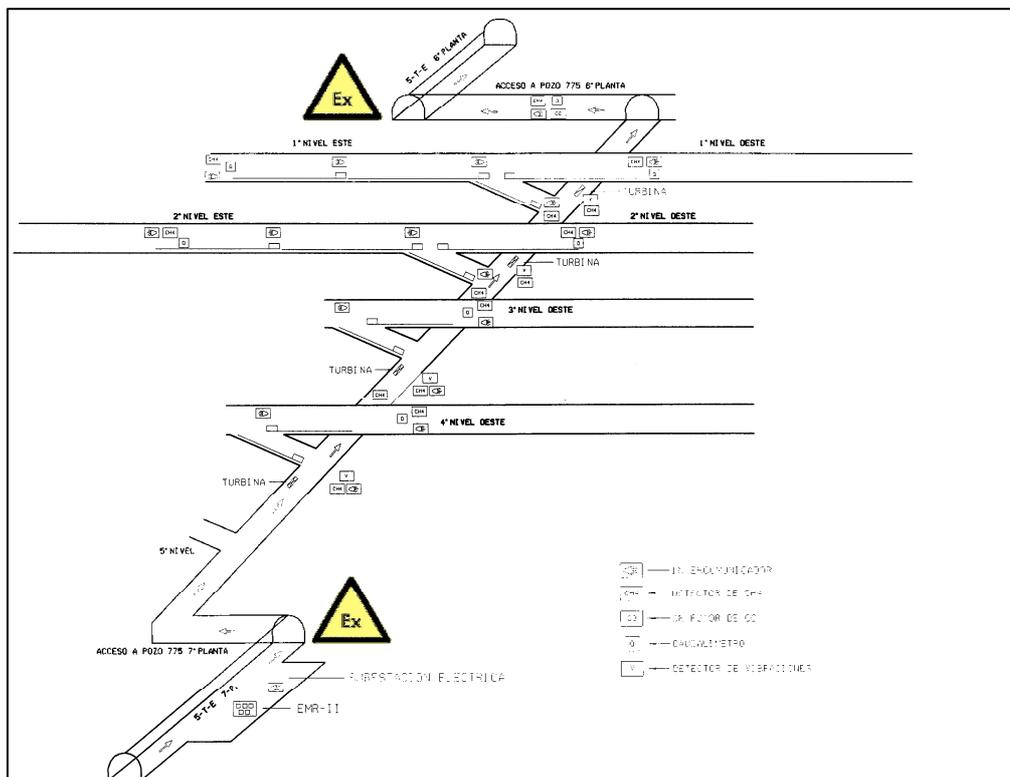
1. Generalidades para la prevención y protección contra explosiones.
2. Aspectos concretos de prevención y protección de explosiones relativos a cada puesto de trabajo específico.

Se encuentra a disposición de la autoridad laboral en el DSS un registro que incluye:

- Cursos de formación impartidos y contenidos de los mismos.
- Hojas de asistencia al curso con Fecha, Nombre y Firma de los trabajadores a los que se les imparte.

## Marcado de lugares peligrosos

El marcado ATEX para la señalización de lugares donde pueden originarse atmósferas explosivas peligrosas se situará al principio de los accesos inferior y superior al pozo primario.



## **Trabajos especiales**

Para los trabajos específicos que entrañan una especial peligrosidad de explosión existe establecido un sistema de permisos de trabajo. El sistema de gestión de los permisos de trabajo se recoge en la Disposición Interna de Seguridad “Permisos para trabajos especiales” aplicable a todas las operaciones que conllevan especial peligrosidad.

El modelo de documento para la ejecución de estos trabajos difiere en algunos aspectos del recogido en la citada D.I.S. y esta incluido en el Anexo F.

Para la ejecución de todas las operaciones de mantenimiento de equipos eléctricos realizadas in situ en el interior de la explotación y para todos los trabajos no programados que se realizan con la ventilación parada es necesaria la petición del correspondiente permiso de trabajo.

De forma específica los permisos de trabajo para trabajos que entrañan riesgo de explosión deberán asegurar que antes de la ejecución del trabajo se han tomado todas las medidas necesarias para la eliminación de posibles fuentes de ignición efectivas y que se han medido adecuadamente las concentraciones de grisú y polvo combustible en el lugar de ejecución de los trabajos.

## **Plan de emergencia**

El plan de emergencia a seguir para todas las operaciones que conllevan la ejecución del proyecto concreto de explotación se recoge en el Anexo G de este documento.

## **ANEXO A**

# **REFERENCIAS A LEGISLACIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS APLICADAS**

## **ANEXO B**

# **DISPOSICIONES INTERNAS DE SEGURIDAD Y NORMAS DE SEGURIDAD RELATIVAS A LA PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN DE EXPLOSIONES**

## **ANEXO C**

### **REGISTRO DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE GRISÚ**

## **ANEXO D**

### **REGISTRO DE LAS MEDIDAS DE CONCENTRACIÓN DE POLVO**

## **ANEXO E**

# **ESQUEMAS ATEX DE INSTALACIONES ELECTRICAS**

## **ANEXO F**

# **MODELO PARA LA PETICIÓN DE PERMISOS PARA LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS ESPECIALES CON PELIGROSIDAD DE EXPLOSIÓN**

## **ANEXO G**

### **PLAN DE EMERGENCIA**

