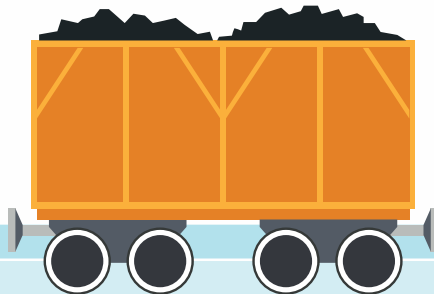




El futuro  
es de todos

Minenergía

# PROTOCOLOS Y GUÍA DE PROCEDIMIENTO PARA EL CONTROL DE POLVO DE CARBÓN Y METANO



## **MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA**

**María Fernanda Suárez**  
Ministra de Minas y Energía

**Carolina Rojas Hayes**  
Viceministra de Minas

**Sandra Roció Sandoval Valderrama**  
Directora Técnica de Formalización Minera (e)

**Jhon Leonardo Olivares Rivera**  
Director Técnico de Minería Empresarial

**Vladimir Chamat Villa**  
Grupo para la Gestión de los Programas de  
Seguridad Minera y Minería de Subsistencia

**Manuel Antonio Acevedo López**  
**Sandra Aceneth Parada**  
Comité Técnico

**Lyda Alexandra Arcos Avila**  
Freepik  
Diseño y diagramación

**Impresión:**  
**Imprenta Nacional de Colombia**  
**Bogotá D.C., Colombia**  
**2019**  
**ISBN: 000-000-00000-0-0**

## **EQUIPO DE REDACCIÓN**

**Luis Angel Lara Gonzalez**  
Supervisor Técnico - Uptc

**Marco Lino Suarez Torres**  
Director Técnico - Uptc

**Oscar Angel Corredor**  
**Fernando Corredor Rueda**  
**Luis Antonio Cepeda**  
**Cesar Niño Cristian**  
**Camilo Torres Malagón**  
**Julián Fernando Hernández**  
**Juan José Castillo López**  
Equipo Técnico - Uptc

# CONTENIDO

	INTRODUCCIÓN.....	3
1	OBJETIVO.....	4
2	ALCANCE.....	4
3	ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	5
4	EQUIPO REQUERIDO.....	5
5	GLOSARIO Y CONCEPTOS TÉCNICOS .....	7
6	MARCO NORMATIVO.....	19
7	PERSONAL QUE INTERVIENE.....	19
8	FLUJO GRAMA DEL PROCESO.....	20
9	PROCEDIMIENTO OPERACIONAL.....	21
10	PELIGROS ASOCIADOS.....	27
11	GUÍA PARA EL CONTROL DE POLVO DE CARBÓN Y METANO.....	29

## INTRODUCCIÓN

Uno de los principales generadores de pérdidas humanas en el desarrollo de la minería subterránea son las explosiones de polvo de carbón y de metano, en una explosión subterránea se deben tener en cuenta aspectos muy importantes como son la propagación de la explosión, la cual generalmente ocurre más allá de la zona de ignición inicial dependiendo de la disponibilidad de combustible como metano o polvo de carbón y es probable que no ocurra en presencia de suficientes medios de retardo de la explosión que puedan dispersarse fácilmente y tengan capacidad para mitigar la explosión como el polvo inerte o las barreras de agua.

Es una realidad en nuestro país que la gran mayoría de minas no cuentan con medios de detección y control que garanticen la seguridad de los trabajadores al interior de estas.



1

## OBJETIVO

El objetivo del presente documento es el de establecer los lineamientos técnicos y de seguridad que permitan consolidar una cultura de prevención a titulares, operadores y trabajadores, mediante la estandarización de procesos y actividades desarrolladas en el control del polvo de carbón y metano.



2

## ALCANCE

El alcance del presente protocolo y guía didáctica es que los empresarios, titulares, operadores mineros y específicamente los trabajadores de todos los niveles, cuenten con una herramienta de seguridad a nivel nacional, que los encamine en la cultura de la prevención en las actividades y tareas de control de polvo de carbón y metano.

3

### AMBITO DE APLICACIÓN



Este documento está dirigido a titulares mineros, operadores mineros, personal directivo y administrativo, operarios y todo el personal vinculado temporal o contratista que labore en las explotaciones mineras subterráneas que realice labores de limpieza, inertización, control y medición de polvo de carbón y metano.

4

### EQUIPO REQUERIDO

EQUIPO DE PROTECCIÓN Y ELEMENTOS DE DOTACIÓN	FUNCIÓN
<b>Bota de seguridad con puntera y suela antideslizante</b>	Proteger los pies de golpes por caída de objetos y materiales, golpes en contra de las estructuras y/o equipos.
<b>Casco</b>	Protege la cabeza contra golpes y la caída de objetos.
<b>Guantes</b>	Protegen las manos de condiciones de seguridad mecánicas, locativos como golpes, cortes, quemaduras y abrasiones
<b>Lampara de seguridad</b>	Equipo de iluminacion personal
<b>Autorescatador</b>	Suministra oxígeno durante un incidente, en caso de déficit de O <sub>2</sub> , humo o gases peligrosos, por tiempo limitado para llegar a la zona segura más cercana o efectuar una huida con éxito del lugar.



#### 4. EQUIPO REQUERIDO

EQUIPO DE PROTECCIÓN Y ELEMENTOS DE DOTACIÓN	FUNCIÓN
<b>Protector respiratorio para polvos y vapores</b>	Es un elemento que brinda protección respiratoria, protege el sistema respiratorio de la exposición a agentes químicos.
<b>Gafas</b>	Brindan protección a los ojos evitando la entrada de objetos, agua o productos químicos en los ojos
<b>Protector Auditivo</b>	Atenúan el sonido, reduciendo los efectos del ruido en la audición, para evitar así un daño en el oído.
<b>Overol con reflectivos</b>	Proteger el cuerpo de abrasiones, quemaduras, contacto con sustancias químicas.
<b>Cofia</b>	Elemento que protege parte de la cara y nuca de abrasiones, quemaduras, contacto con sustancias químicas.
<b>Bolsas de cierre hermético</b>	Recoger muestras de polvo
<b>Bolsas industriales</b>	Recoger el polvo de carbón
<b>Pala</b>	Recoger y cargar
<b>Multidetector</b>	Medición y control de atmosfera
<b>Polvo de caliza</b>	Material inertizante
<b>Manguera</b>	Riego del agua
<b>Bomba de inyección de agua</b>	Inyectar el agua en los barrenos a través de la cánula
<b>Cámara de dispersión de polvo</b>	Equipo para lanzar el polvo de caliza

5

GLOSARIO Y CONCEPTOS TÉCNICOS

GLOSARIO



**Barrera de polvo o agua:** Deposito de polvo inerte o agua, que se ubica en forma inestable en el techo, o en la parte lateral de una vía subterránea en sitios estratégicos. Tiene como objetivo formar una nube incombustible en el momento de ser alcanzado por un golpe producido por la onda durante la explosión de grisú o polvo de carbón contribuyendo a frenar la propagación de esta.

**Explosión por polvo de carbón:** Fenómeno que se presenta cuando se dan las siguientes condiciones de manera simultánea: (1) Polvo de carbón, (2) Un tamaño de partícula que permita la propagación de la llama (<0.5 mm), (3) Una atmosfera de oxígeno suficiente para mantener la combustión, (4) una nube de polvo, (5) Una fuente de energía suficiente para la ignición, (6) que se supere el límite inferior de explosividad (LEL) por polvo de carbón que varía de 10 a 500 g/m<sup>3</sup>.

**Límite inferior de explosividad (LEL):** Es la concentración mínima de gases, vapores o nieblas inflamables en aire, por debajo de la cual la mezcla no es explosiva. Es una propiedad inherente y específica para cada gas y material particulado, incluido el polvo de carbón, cada gas tiene su propio LEL.

**Tasa de neutralización:** Porcentaje de material incombustible o inerte que se determina mediante técnicas de laboratorio, en los depósitos de polvo de combustible que se forman en las labores mineras subterráneas.

**Medidas de prevención para minas pulverulentas inflamables:** (Artículo 67). En las minas clasificadas como pulverulentas inflamables se deben tomar las siguientes medidas:



## GLOSARIO



1. Evitar las acumulaciones de polvo.
2. Humedecer los frentes de arranque y los puntos de cargue y descargue de mineral o estériles.
3. Neutralizar los depósitos de polvo de carbón que se formen sobre los pisos, paredes y techos de las galerías principales de ventilación y transporte, con elementos tales como agua o polvo inerte de caliza, de acuerdo con las características definidas en el siguiente artículo.
4. Ubicar barreras de polvo inerte de caliza o agua en las galerías principales de ventilación y transporte de carbón.

**Onda Explosiva:** Fuerte golpe de viento, con paso extremadamente rápido de la mezcla explosiva (por ejemplo: mezcla explosiva de grisú: metano + aire. Mezcla explosiva de polvo de carbón: polvo finísimo de carbón + aire, entre otros), de un estado a otro, acompañado por la formación de una cantidad considerable de gases tóxicos y asfixiantes, con desprendimiento de energía y calor que se convierte en trabajo mecánico destrozante.

## CONCEPTOS TÉCNICOS



El triángulo del fuego representa una forma familiar de entender cuáles son los elementos básicos que se necesitan para que se produzca el fuego. El fuego requiere de una fuente de ignición, combustible y oxígeno (figura 1). Estos mismos elementos deben estar presentes para las explosiones de polvo. Pero, para que se produzca una explosión de polvo, también debe haber confinamiento y dispersión de polvo (figura 2).



Figura 1. Triangulo de fuego



Figura 2. Pentágono de explosión por polvo de carbón

Las figuras 3-7 muestran los elementos de una explosión a medida que la explosión se dispersa, a partir del polvo de carbón en el suelo del acceso a la mina (figura 3).

CONCEPTOS TÉCNICOS

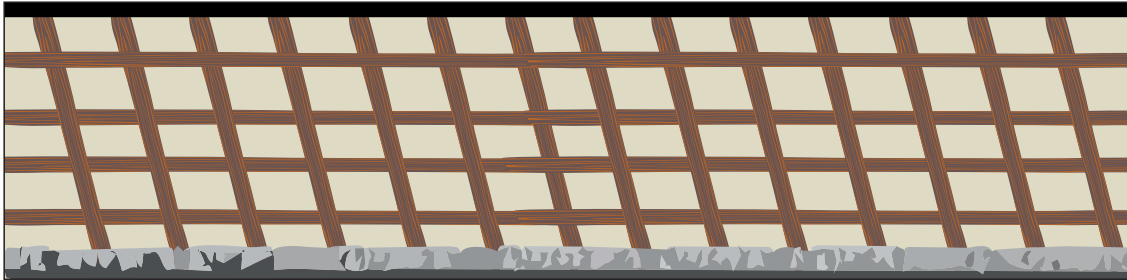


Figura 3. Ilustración de polvo de carbón en el suelo de una mina.

Puede haber polvo de carbón en cualquiera o todas las superficies de un acceso como el techo, paredes, detrás de elementos de sostenimiento, la cinta transportadora, etc. Cuando se produce la ignición (figura 4).

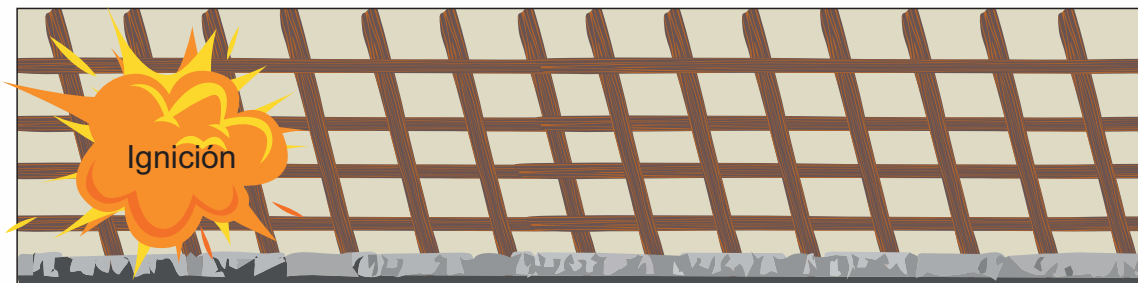


Figura 4. Se produce una ignición en el acceso de una mina de carbón subterránea.

La onda de presión (onda de explosión) levanta el polvo de las superficies cercanas y este se suspende en el aire (figura 5).

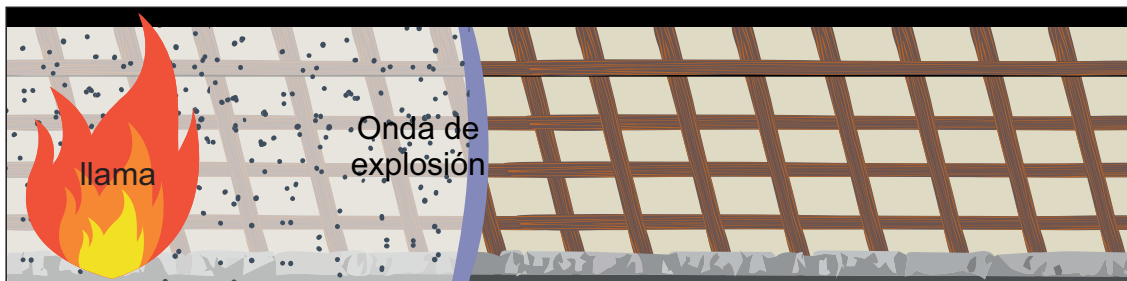
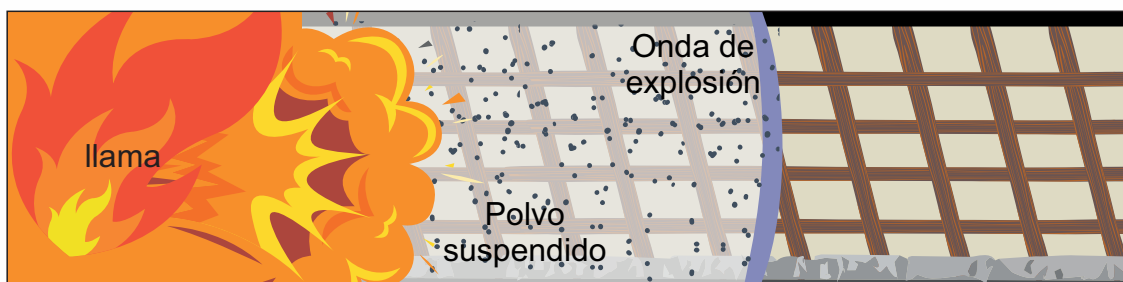


Figura 5. La onda de presión resultante (onda de explosión) de la ignición suspende el polvo de las superficies cercanas.



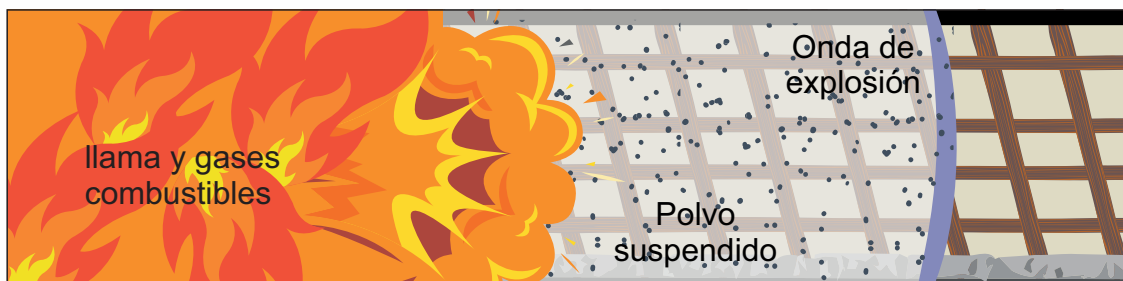
## CONCEPTOS TÉCNICOS

La llama de la ignición enciende esta mezcla de aire y polvo combustible resultante. Una vez encendida, la mezcla de aire y carbón estalla y crea una nueva onda de explosión que avanzará a lo largo del acceso, levantando más polvo de carbón en el aire (figura 6).



**Figura 6. La llama de la ignición enciende el polvo que está suspendido y crea otra onda de explosión que atrae más polvo.**

Y creando explosiones continuas auto impulsadas hasta que se agote el polvo de carbón o se elimine otro de los elementos del pentágono (figura 7).



**Figura 7. Se suspende y enciende más polvo. Este proceso se repite hasta que se elimina uno de los elementos del pentágono de las explosiones de polvo (según figura 2).**

## CONCEPTOS TÉCNICOS



Una vez iniciada la explosión, la onda de presión accionan las barreras que son los dispositivos colocados en las galerías, que impiden que se propague la explosión al resto de la mina. Su funcionamiento se basa en la dispersión de agua o polvo de roca inerte en la atmósfera para sofocar y enfriar la reacción hasta extinguirla.

Si eliminamos al menos uno de los elementos del pentágono necesarios para que exista una explosión de polvo de carbón, se estaría controlando el riesgo. Por ello es importante conocer el origen posible de estos elementos dentro de la mina

### Confinamiento y oxígeno.



El confinamiento se refiere a la ubicación dentro de un espacio, limitado por las paredes de las vías. La presencia de oxígeno es inherente al aire de la ventilación; ambos componentes no los podemos evitar porque son propios de su existencia.



### Fuentes de ignición.

Como primera causa están las superficies calientes, llamas y gases calientes, chispas de origen mecánico, aparatos eléctricos, corrientes de fuga por corrosión de protecciones catódicas, electricidad estática, rayos, ondas electromagnéticas, radiaciones ionizantes, ultrasonidos, ondas de choque y auto ignición de polvo. Son las posibles fuentes en el interior de la mina.

Una segunda fuente de ignición se da por reacción exotérmica, bien porque la capa se deposita sobre una superficie caliente o por las características propias del polvo, o por los contaminantes que en él pueden aparecer. Hay tres mecanismos que pueden dar lugar a ese calentamiento al grado de alcanzar la temperatura de inflamación:

- a- El carbón empieza a oxidarse en cuanto entra en el contacto con la atmósfera y produce calor.
- b- Un carbón que este más seco que lo correspondiente a su humedad, tenderá a ganar siempre que pueda humedad y produce calor.
- c- La pirita presente en algunos carbones se oxida dando lugar a calor.



## CONCEPTOS TÉCNICOS

Una tercera causa la constituye la inflamación del metano combinado con el aire (Grisú). (Figura 8).

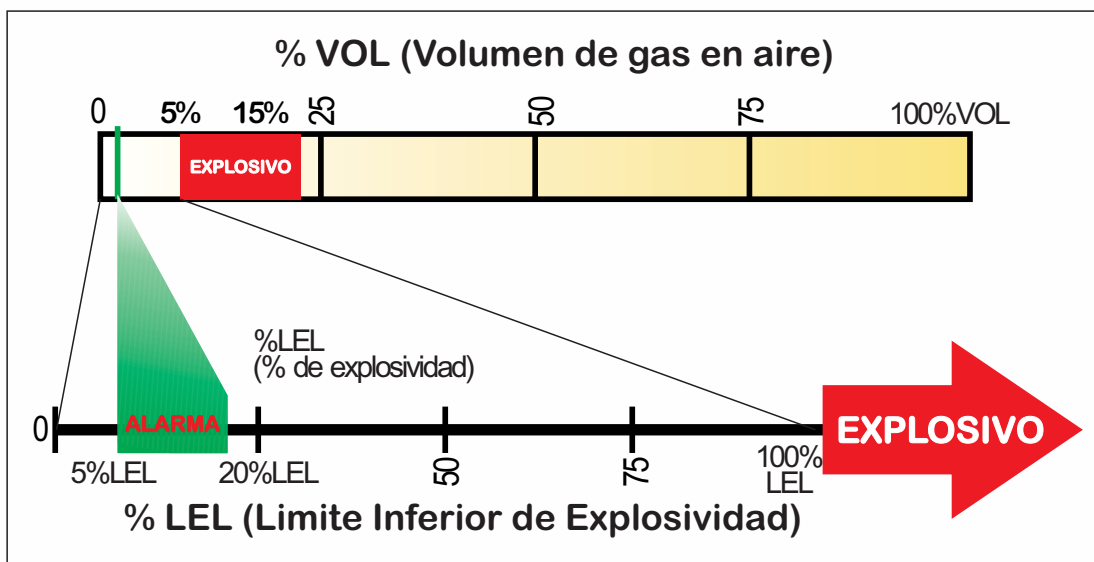


Figura 8. Concentración explosiva del metano.

Las medidas de seguridad relacionadas a la presencia de grisú, buscan evitar la posibilidad de explosiones o minimizar sus efectos. Para evitar las explosiones de metano es posible actuar de tres maneras:

a. Mantener la concentración de metano por debajo del 1,5% en retornos de frentes de desarrollo, preparación y tajos. 1% en frentes de explotación, avance y retornos principales de aire. En minas grisutuosas III la concentración de metano máximo en retornos debe estar bajo 0,5%.

b. Evitar las fuentes energéticas capaces de inflamar el metano.

c. Desgasificación del yacimiento

## CONCEPTOS TÉCNICOS



### Dispersión del polvo.



El polvo disperso reacciona diferente, según el tipo de carbón y según el tamaño de las partículas. Para un tamaño suficientemente pequeño, la inflamación empieza en las partículas sólidas, mientras que con tamaños mayores la inflamación se debe a una reacción entre gases.

Una labor subterránea considerada dentro de la Categoría I, con respecto al metano, se clasifica como pulverulenta inflamable (polvo de carbón volátil muy fino), cuando el contenido de materias volátiles en el carbón que se explota, sea superior al dieciséis por ciento (16%).

Una labor subterránea considerada dentro de las Categorías II y III respecto al metano, se clasifica como pulverulenta inflamable cuando el contenido de materias volátiles dentro del manto de carbón que se explota sea superior al catorce por ciento (14%).

### Disminución de polvo mediante:

- ✓ Operaciones de limpieza en lugares de concentración.
- ✓ Inertizar con polvo mineral en concentración máxima de 20% en volumen de material combustible. En los procesos de neutralización con polvo inerte de caliza, se debe utilizar material a malla cuatrocientos (400) con un contenido de sílice menor del tres por ciento 3%. La neutralización debe ser sometida a ensayos que evalúen y certifiquen su efectividad.
- ✓ Cuando la neutralización se hace con agua, las acumulaciones de polvo combustible deben mantenerse continuamente húmedas, de manera que este polvo tenga un contenido mínimo de agua del setenta y cinco por ciento (75%).
- ✓ Hacer que el polvo pierda capacidad de dispersión al ligarlo con sales higroscópicas ( $MgCl$ ,  $CaCl_2$ ).
- ✓ Utilizar recolectores de polvo e ductos de ventilación.



## CONCEPTOS TÉCNICOS



## METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EXPLOSIÓN

En cada lugar de trabajo a analizar, registramos los parámetros más significativos que permiten estimar el nivel de riesgo existente como el producto de la probabilidad de que se desencadene el suceso con las consecuencias estimadas en términos de daños a personas o instalaciones a consecuencia del mismo.

La evaluación de riesgos de explosión se hace a través de cuatro pasos que son:

1. **Determinación de la tarea minera a evaluar.**
2. **Identificación de: riesgo de explosión, atmósferas explosivas y fuentes de ignición.**
3. **Valoración del riesgo: Riesgo Controlado y Riesgo No Controlado.**
4. **Análisis de las opciones de reducción del Riesgo No Controlado.**



### Determinación de la tarea a evaluar.



Se realiza un diagrama del proceso de extracción desde el arranque hasta su salida en superficie. En él se localiza las tareas, considerando según los reportes de gases y verificando en el sitio con el medidor de gases, si la concentración del metano es o ha sido explosiva en algún momento. Si es así este lugar ha de ser escogido para su valoración.

El otro factor a considerar es tanto donde se produce como donde se acumula. Teniendo en cuenta su tamaño, así como si se acumula formando capas. Si el tamaño del polvo es inferior a 0,5mm o si la capa acumulada tiene un grosor superior a 5mm. Es necesario hacer un control y seguimiento en ese lugar.

En los sitios en donde se forman nubes de polvo de carbón, hay que regar con agua para que el polvo se asiente y no forme nubes que pueden ser explosivas.





## IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO DE EXPLOSIÓN

Una explosión puede originarse tanto por metano como por presencia no controlada de acumulaciones de polvo. Por lo tanto hay que analizar esas dos opciones.



### Identificación de atmósferas explosivas.

Únicamente podemos saber de la presencia de metano midiéndolo de la manera correcta, con el equipo adecuado en perfecto estado y calibrado. Las mediciones de estos gases deben efectuarse como mínimo en los siguientes sitios:

1. Todos los frentes de trabajo bajo tierra.
2. Los sitios bajo tierra donde se ubican equipos como: cabezas matrices y tambores de retorno de bandas transportadoras, panzers, equipos para bombeo de aguas subterráneas, sistemas de comunicación con superficie y subestaciones eléctricas bajo tierra.
3. Vías principales de transporte.
4. Vías de tránsito de personal.
5. Comunicaciones con trabajos antiguos o abandonados.
6. En cercanía a tabiques que aíslen zonas incendiadas.



**En minas categoría III el monitoreo de gases debe ser permanente.**

## IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE IGNICIÓN



**Listado de posibles fuentes de ignición:** 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, para tener en cuenta las posibles fuentes de ignición originadas por la acción humana. La tabla 1 a manera de ejemplo contiene 2 posibles fuentes de ignición.



## CONCEPTOS TÉCNICOS

IDENTIFICACION DE FUENTES DE IGNICIÓN			
TAREA ESTUDIADA :			
POSIBLES FUENTES DE IGNICIÓN			Significativo (Explicar razón)
FUENTE DE IGNICIÓN	EQUIPO / LOCALIZACIÓN	Causas	
1 superficies calientes			
2 aparatos eléctricos			

Tabla 1. Identificación de fuentes de ignición.

## IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS



Con la información obtenida en los pasos anteriores, se hace un registro de identificación de lugares con riesgos de explosión y se determina la frecuencia de aparición de atmósferas explosivas a causa de la presencia de metano y también la frecuencia de aparición de atmósferas explosivas por polvo de carbón.

A diferencia de las mediciones directas que se hace al metano. Para establecer la explosividad del polvo de carbón, es necesario mediante ensayos de laboratorio calcular los índices físicos y químico.



### Valoración del riesgo

Es dada por la probabilidad de presencia de atmósferas explosivas y probabilidad de presencia de fuentes de ignición efectivas. En etapa de identificación de riesgos de explosión se asignan estas probabilidades a cada uno de estos dos sucesos, como ejemplo tenemos la tabla 2.



## CONCEPTOS TÉCNICOS

PRESENCIA DE FUENTES DE IGNICIÓN	PRESENCIA DE ATMOSFERAS EXPLOSIVAS				
	Improbable	Remota	Ocasional	probable	frecuente
IMPROBABLE	controlado	controlado	controlado	controlado	no controlado
REMOTA	controlado	controlado	controlado	no controlado	no controlado
OCACIONAL	controlado	controlado	no controlado	no controlado	no controlado
PROBABLE	controlado	no controlado	no controlado	no controlado	no controlado
FRECUENTE	no controlado	no controlado	no controlado	no controlado	no controlado

Tabla 2. Valoración del riesgo.


## NIVELES DE RIESGO DE PROPAGACIÓN DE UNA EXPLOSIÓN Y MEDIDAS DE ACTUACIÓN



Los niveles de riesgo representan una escala que permite priorizar las medidas de seguridad a implementar (tabla 3).

Los cruces de la matriz se clasifican en:

A-**Riesgo no controlado existe riesgo.** Inaceptable. 

B-**Riesgo controlado.** Posibles riesgos residuales 

	TIPO	MEDIDAS DE ACTUACIÓN
A	<b>NO CONTROLADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No debe iniciarse el trabajo hasta que se no reduzca el riesgo a un nivel aceptable.</li> <li>- Si no es posible reducir el riesgo, incluso con grandes recursos, debe prohibirse el trabajo. Este tipo de riesgo requiere tanto la aplicación de medidas técnicas como de medidas organizativas.</li> </ul>
B	<b>CONTROLADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se necesita mejorar la acción preventiva.</li> <li>- Sin embargo, se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante.</li> <li>- Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que no han variado los parámetros evaluados.</li> </ul>

Tabla 3. Niveles de riesgo.

6

MARCO NORMATIVO

- Ley 685 de 2001, “Código De Minas”.
- Decreto 1886 de 2015, “Reglamento De Seguridad En Las Labores Mineras Subterráneas”.
- Decreto 1072 de 2015, “Decreto Único Reglamentario Del Sector Trabajo”.
- Resolución 0312 de 2019, “Estándares Mínimos Del Sistema De Gestión De Seguridad Y Salud En El Trabajo”.
- GTC-45, “Guía Para La Identificación De Los Peligros Y La Valores De Los Riesgos En Seguridad Y Salud Ocupacional”.



7

PERSONAL QUE INTERVIENE EN CONTROL DE  
POLVO DE CARBÓN Y METANO

**Dirección:** Asignar los recursos necesarios para los planes de acción generados de la identificación de no conformidades en las inspecciones. vigila el cumplimiento de las actividades.

**Responsable del SGSST:** Realizar inspecciones y definir planes de acción frente a los hallazgos identificados. Establece la señalización adecuada. Tipo, forma. Tamaño, ubicación.

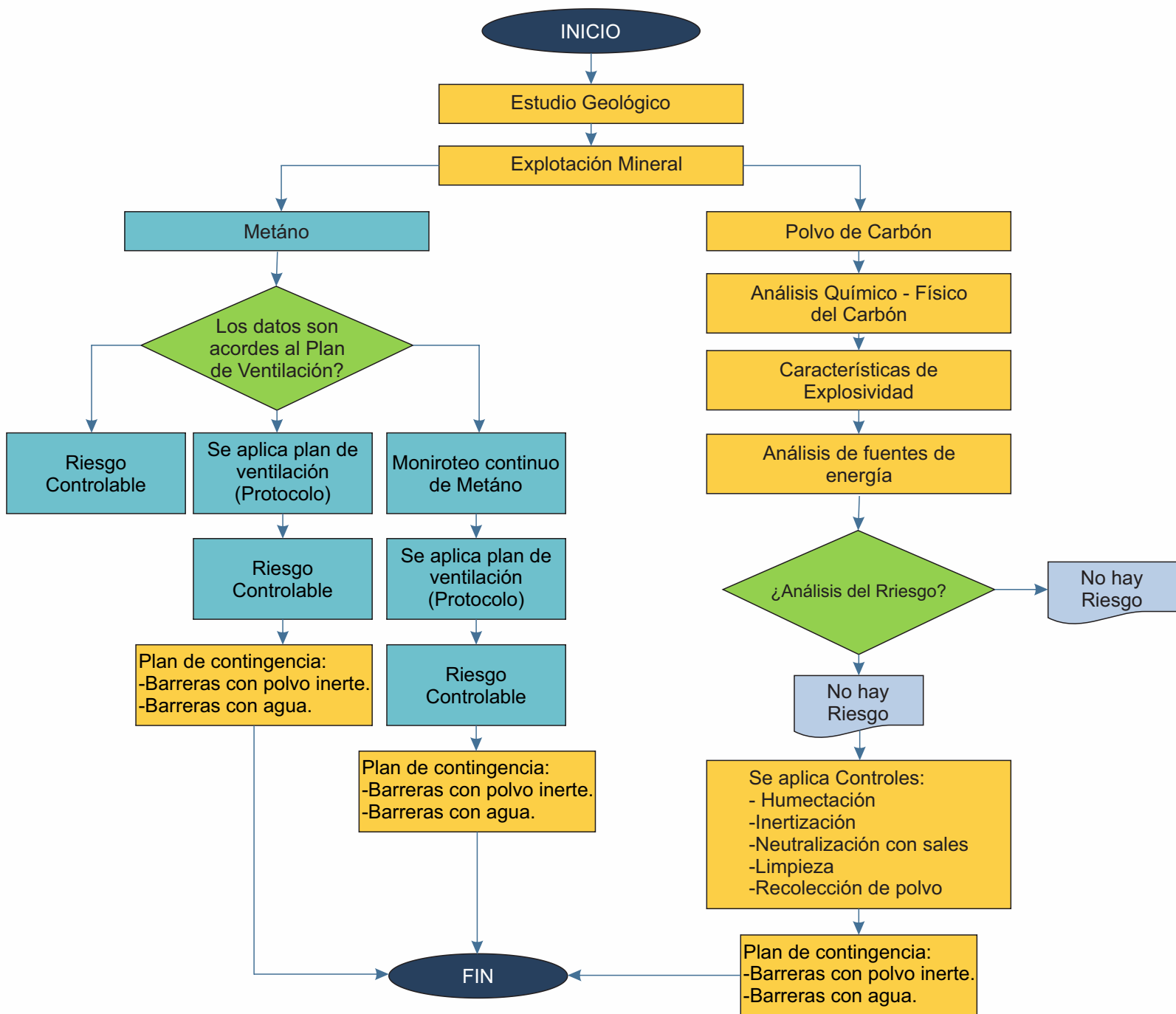
**COPASST:** Realiza inspecciones planeadas, propias de su ejercicio y propone planes de acción frente a los hallazgos identificados.

**Quienes dirijan las unidades de trabajo:** Velarán por el cumplimiento de la presente instrucción, asegurándose de que todo el personal afectado la conozca perfectamente y esté debidamente capacitado para realizar su ejecución.



8

FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE  
CONTROL DE POLVO DE CARBÓN Y METANO



CONTROL DE ATMÓSFERA EXPLOSIVAS POR POLVO DE CARBÓN

PROCESO	ACTIVIDAD	VERIFICACIÓN	ACCIÓN
<b>1- Análisis químico y físico del Carbón.</b>	<p>Valorar el porcentaje de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- materias volátiles en base seca sin contenido de cenizas.</li> <li>- Análisis de tamaño de partículas.</li> </ul>	<p>el contenido de materias volátiles.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- superior al dieciséis por ciento (16%), se considerada dentro de las Categorías II y III respecto al metano,</li> <li>- Superior al catorce por ciento (14%). clasifica como pulverulenta inflamable.</li> </ul> <p>Tamaño de partículas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar el porcentaje de material particulado inferior a 0,5 mm.</li> </ul>	<p>Análisis Físico y Químico del Carbón</p>
<b>2- Análisis de explosividad del Carbón.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Analizar el limite inferior de explosividad.</li> <li>- Analizar la concentración mínima de polvo de carbón necesaria para una combustión.</li> </ul>	<p>Grado de explosividad del Carbón.</p>	<p>Análisis de explosividad del carbón.</p>
<b>3- Análisis fuentes de ignición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar sitios de inspección.</li> <li>- Realizar inspección del lugar.</li> <li>- Determinar fuentes de ignición,</li> </ul>	<p>Presencia de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Metano.</li> <li>- capas de polvo de carbón</li> <li>- Nubes de polvo de carbón.</li> <li>- Fuentes de energía</li> </ul>	<p>Inspecciones y valoración de fuentes de energía.</p>
<b>4- Análisis del Riesgo.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar Probabilidad de existencia de una atmósfera explosiva junto con una fuente de ignición</li> </ul>	<p>Evaluar el Riesgo: Si el Riesgo Existe, se detienen las actividades mineras hasta restituir las condiciones de riesgo 0</p>	<p>Valoración del riesgo.</p>



## 9. PROCEDIMIENTO OPERACIONAL

### CONTROL DE ATMÓSFERA EXPLOSIVAS POR POLVO DE CARBÓN

PROCESO	ACTIVIDAD	VERIFICACIÓN	ACCIÓN
<b>5- Restitución de condiciones.</b>	<p>Aplicar una o varias de los siguientes controles:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Humectación.</li> <li>- Inertización.</li> <li>- Neutralización con sales.</li> <li>- Limpieza.</li> <li>- Recolección del polvo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contenido de humedad <math>\leq 70\%</math></li> <li>- Material combustible <math>&lt; 20\%</math> (inertización).</li> <li>- Espesor de capas de polvo de Carbón <math>\leq 5</math> mm.</li> </ul>	Control del riesgo
<b>6- Plan de contingencias</b>	<p>Construcción de barreras con polvo inerte.</p> <p>Construcción de barreras con agua</p>	<p>Verificar el desarrollo de los planes de contingencia.</p> <p>Verificar la existencia, colocación, características y materiales empleados cumplan con los requerimientos para el correcto funcionamiento de las barreras</p>	<p>Documento plan de contingencia.</p> <p>Informes de instalación.</p> <p>Informes de inspecciones</p>

### CONTROL DE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS POR METANO

PROCESO	ACTIVIDAD	VERIFICACIÓN	ACCIÓN
<b>1- Estudio Geológico</b>	<p>Contar con un estudio geológico que incluya un plano, indicando las concentraciones de gas metano en los mantos de carbón a explotar, a sí como en los mantos superior e inferior a explotar.</p>	<p>Cumplimiento adecuado y pertinente del estudio</p>	<p>Estudio Geológico e informe de auditoria</p>

## 9. PROCEDIMIENTO OPERACIONAL



### CONTROL DE ATMÓSFERA EXPLOSIVAS POR METANO

PROCESO	ACTIVIDAD	VERIFICACIÓN	ACCIÓN
2 - Análisis de Riesgo	Contar con un análisis de riesgos que identifique las áreas propensas a desprendimientos instantáneos de gas metano. El análisis de riesgo y el plan de prevención deben estar contenidos dentro del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG -SST).	Verificar la existencia del documento y analizar que describa la realidad de las condiciones propensas a desprendimiento de metano en el yacimiento de carbón.	Informe de auditoría.







## 9. PROCEDIMIENTO OPERACIONAL

### CONTROL DE ATMÓSFERA EXPLOSIVAS POR METANO

PROCESO	ACTIVIDAD	VERIFICACIÓN	ACCIÓN
3 – Plan de prevención.	<p>Contar con un plan de acción para prevenir los riesgos derivados del desprendimiento instantáneo de gas metano y contenido dentro del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST).</p>	<p>Verificar:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La existencia y pertinencia de las medidas de seguridad diseñadas para la explotación de los mantos de carbón.</li> <li>2. El cumplimiento de los análisis de los factores de riesgo a los que están expuestos, la capacitación de todos los trabajadores de los frentes de trabajo, la forma segura para realizar las actividades, el tipo de herramientas y maquinaria que se utilizarán concordante con el rango de grisutisidad de los mantos de carbón.</li> <li>3. Diseño apropiado y existencia de barreras de protección que se colocan en zonas susceptibles a desprendimientos instantáneos.</li> </ol>	<p>Informe de auditoría.</p>



## 9. PROCEDIMIENTO OPERACIONAL

### CONTROL DE ATMÓSFERA EXPLOSIVAS POR METANO

PROCESO	ACTIVIDAD	VERIFICACIÓN	ACCIÓN
<b>4 – Plan de Ventilación</b>	Contar con un plan de ventilación	Verificar que el plan de ventilación sea adecuado y cumpla con los requerimientos actualizados.	Aceptación por experto de los Planos y cálculos de ventilación.

PROCESO	ACTIVIDAD	VERIFICACIÓN	ACCIÓN
<b>5 – Monitoreo de Metano</b>	Se hacen las mediciones de gases siguiendo las pautas en concordancia con el grado de grietuosidad de la mina y publicando en el tablero de control, libro de control. Los resultados de las mediciones se dan a conocer a la totalidad del personal.	<p>Verificar si el Contenido de metano en cada uno de los sitios previstos para el control se encuentra en los rangos de aceptación.</p> <p>Si cumple se acepta el normal funcionamiento de las labores.</p> <p>Si NO cumple con las concentraciones máximas permitidas de metano se deben suspender los trabajos y evacuar el personal de manera inmediata. Activar PLAN DE EMERGENCIAS</p> <p>Tomar acciones para restituir las condiciones normales de trabajo:</p> <p>Cuando la concentración de metano sobrepase el dos por ciento (2%), a dichos lugares solo podrá ingresar personal de salvamento con los elementos y equipos de protección personal apropiados para esta operación, con el fin de diluir el metano por debajo de los valores máximos permisibles. Este personal además deberá:</p>	<p>Registro de mediciones en tableros de la mina.</p> <p>Libro de registro mediciones.</p> <p>Libro informe de simulacros y emergencias</p>



## 9. PROCEDIMIENTO OPERACIONAL

### CONTROL DE ATMÓSFERA EXPLOSIVAS POR METANO

PROCESO	ACTIVIDAD	VERIFICACIÓN	ACCIÓN
<b>5 – Monitoreo de Metano</b>	<p>Se hacen las mediciones de gases siguiendo las pautas en concordancia con el grado de gritoosidad de la mina y publicando en el tablero de control, libro de control.</p> <p>Los resultados de las mediciones se dan a conocer a la totalidad del personal.</p>	<p>1. Apagar inmediatamente los equipos de trabajo, excepto los sistemas de monitoreo continuo intrínsecamente seguros;</p> <p>2. Realizar inme diatamente los cambios o ajustes al sistema de ventilación para reducir la Concentración del metano, a menos del uno por ciento (1%); y,</p> <p>3. Reanudar las operaciones manuales o mecánicas hasta que la concentración del metano sea Menor de uno por ciento (1%) .</p>	<p>Registro de mediciones en tableros de la mina.</p> <p>Libro de registro mediciones.</p> <p>Libro informe de simulacros y emergencias</p>
<b>6 – Plan de Contingencia</b>	<p>Construcción de barreras con polvo inerte.</p> <p>Construcción de barreras con agua</p>	<p>Verificar el desarrollo de los planes de contingencia.</p> <p>Verificar la existencia, colocación, características y materiales empleados cumplan con los requerimientos para el correcto funcionamiento de las barreras</p>	<p>Documento plan de contingencia.</p> <p>Informes de instalación.</p> <p>Informes de inspecci ones</p>

10

PELIGROS ASOCIADOS

A continuación, se presenta la identificación de peligros y valoración de riesgos, acorde a las necesidades y actividades presentadas en la ejecución de las labores de control de polvo de carbón y metano en minería subterránea de carbón.

PELIGRO	DESCRIPCIÓN	POSIBLE AFECTACIÓN	NIVEL DE RIESGO
<b>Condiciones de seguridad locativo</b>	Caída de rocas, caídas al mismo y distinto nivel.	Golpes, contusiones, atrapamientos por derrumbes, fracturas y muerte	<b>ALTO</b>
<b>Condiciones de seguridad mecánico</b>	Atropellamiento de equipos en movimiento, ruptura de cables de elevadoras y malacates, atrapamiento por mecanismos en movimiento.	Golpes, contusiones, fracturas, aplastamientos y muerte.	<b>ALTO</b>
<b>Condiciones de seguridad eléctrico</b>	Contacto con media y baja tensión de corriente directa, alterna y energía estática y contacto con arco eléctrico.	Electrocución, electrización, shock's y golpes por contacto, quemaduras de 1, 2 y 3 grado, amputaciones y muerte.	<b>ALTO</b>
<b>Condiciones de seguridad tecnológicos</b>	Explosiones, incendios, fugas y derrames.	Golpes, contusiones, fracturas, quemaduras de 1, 2 y 3 grado y muerte.	<b>MEDIO</b>
<b>Condiciones de seguridad alturas y espacios confinados</b>	Caídas a diferente nivel que sobrepasen 1,50m y trabajos verticales como chimeneas, pozos y shaft's de ventilación.	Golpes, contusiones, atrapamientos por derrumbes, fracturas, ahogamiento por deficiencia de oxígeno y muerte	<b>MEDIO</b>
<b>Físicos</b>	Iluminación, ruido, presión atmosférica anormal, temperaturas extremas, humedad, vibraciones y proyección de partículas.	Caídas, golpes, contusiones, desmayos, deshidratación, aumento de la tensión arterial, daños en el oído medio e interno, lesiones en los ojos.	<b>MEDIO</b>

10. PELIGROS ASOCIADOS



PELIGRO	DESCRIPCIÓN	POSIBLE AFECTACIÓN	NIVEL DE RIESGO
<b>Químicos</b>	Inhalación de gases, vapores, humos, y material particulado.	Intoxicación, envenenamiento, muerte	<b>ALTO</b>
<b>Biomecánico</b>	Sobresfuerzos, malas posturas prolongadas, movimientos repetitivos y manipulación manual de cargas.	Luxaciones, esguinces, desgarros, fracturas.	<b>MEDIO</b>
<b>Fenómenos naturales</b>	Terremotos, inundaciones, avalanchas y derrumbes.	Ahogamientos, fracturas, golpes, atrapamientos y muerte.	<b>MEDIO</b>
<b>Biológicos</b>	Virus, bacterias, hongos, mohos y parásitos.	Infecciones, enfermedades, gastrointestinales y respiratorias.	<b>BAJO</b>
<b>Psicosociales</b>	Jornadas de trabajo extremas, trabajo bajo presión, estrés laboral.	Falta de concentración, dolor de cabeza, mareos, accidentes cardíacos y cerebrovasculares.	<b>BAJO</b>

11

GUÍA PARA EL CONTROL DE  
POLVO DE CARBÓN Y METANO

El principio básico de la presente guía es la clasificación de minas por el contenido de polvo de carbón de acuerdo con lo estipulado en el decreto 1886 de 2015 Artículo 66 en el cual se define:

			CONTENIDO DE MATERIAS VOLÁTILES	
			Mayor al 16 %	Mayor al 14%
CATEGORÍA SEGÚN CONCENTRACIÓN CH <sub>4</sub>	I	0%	<b>Pulverulenta inflamable (polvo de carbón volátil muy fino)</b>	
	II	0 a 0.3		<b>Pulverulenta inflamable</b>
	III	Mayor a 0.3 %		<b>Pulverulenta inflamable</b>

Para prevenir una explosión de polvo de carbón es necesario evitar que se presenten las siguientes condiciones de manera simultánea:

1. Presencia de polvo de carbón.
2. Un tamaño de partículas que permita la propagación de la llama menor a cero coma cinco milímetros (<0,5 mm).
3. Una atmósfera con oxígeno suficiente para mantener la combustión.
4. Una nube de polvo con una concentración dentro del rango de explosividad.
5. Una fuente con energía suficiente para la ignición.
6. Que se supere el Límite Inferior de Explosividad (LEL).



**¡Ojo!** Se debe tener en cuenta que a partículas más finas corresponde mayor área superficial y mayor explosividad.

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA MINAS PULVERULENTAS

### RECOLECCIÓN DE CON POLVO DE CARBÓN



**A. Se debe alistar las herramientas y elementos necesarios para realizar la recolección y hacer el ingreso a la mina.**

Tenga en cuenta llevar los EPP completos incluidas gafas.



**B. Verifique las condiciones del frente de trabajo.**

Evalué el estado del sostenimiento, verifique los tableros de gases y el tránsito en el sitio y la presencia de obstáculos.





## RECOLECCIÓN DE CON POLVO DE CARBÓN

C. Inicie la recolección de polvo con escoba y palas en bolsas industriales o de muestreo, limpie en piso, paredes y techo.

¡Cuidado!, cuando haga la limpieza de polvo no debe haber equipos en movimiento. Use siempre la protección respiratoria.



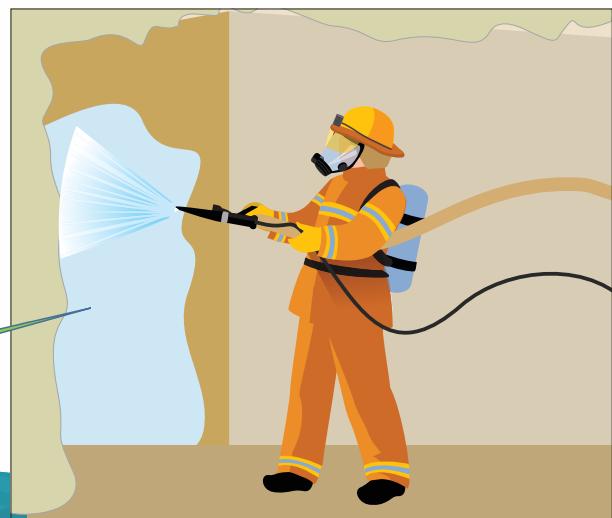
D. Traslade el material recolectado al sitio de embarque en el coche para llevarlo a la superficie.

No traslade el polvo de carbón sobre la banda transportadora o la panzer ya que se generaría más polución.

## HUMECTACIÓN DE TECHOS PAREDES, VÍAS, FRENTE DE ARRANQUE, PUNTOS DE CARGUE Y DESCARGUE DE MINERAL O ESTÉRILES.

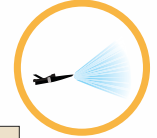
A. Para realizar esta acción se debe contar con una instalación de agua o el medio que facilite la labor.

Porte en todo momento sus elementos de protección respiratoria y visual.





## HUMECTACIÓN DE TECHOS, PAREDES, VÍAS, FRENTES DE ARRANQUE, PUNTOS DE CARGUE Y DESCARGUE DE MINERAL O ESTÉRILES



**B. Realice la conexión de agua verificando el acople adecuado.**

Antes de iniciar el lavado de la vía solicite al personal de mantenimiento eléctrico que desenergice los equipos con el fin de evitar que el agua entre en contacto con estos y genere daños.



**C. Realice el riego en los sitios de mayor criticidad.**

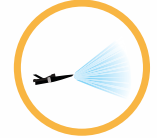


**D. Siga las recomendaciones de la Normatividad técnica vigente.**

Artículo 69 Dec. 1886 de 2015. Cuando la neutralización se hace con agua, las acumulaciones de polvo combustible deben mantenerse continuamente húmedas, de manera que este polvo tenga un contenido mínimo de agua del setenta y cinco por ciento (75%).



## HUMECTACIÓN DE TECHOS, PAREDES, VÍAS, FRENTES DE ARRANQUE, PUNTOS DE CARGUE Y DESCARGUE DE MINERAL O ESTÉRILES



E. Continúe avanzando realizando el riego en todo el tramo elegido.

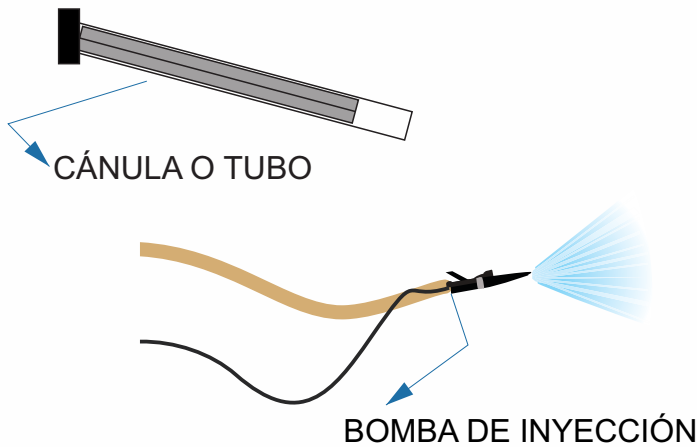
Tenga cuidado de no resbalar a causa de la humedad en el piso.  
¡Señalice el sitio de trabajo y restrinja el paso!



## HUMECTACIÓN EN FRENTES DE ARRANQUE.

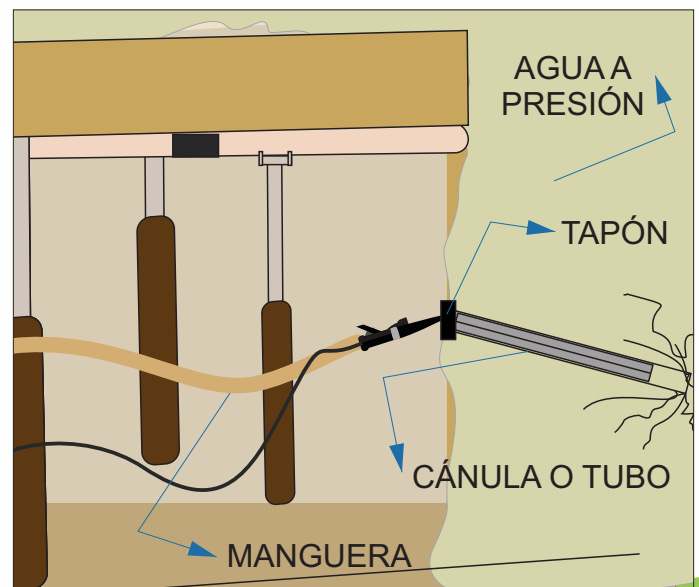
A. Para hacer la inyección de agua en un frente, primeramente, se debe alistar los equipos y elementos para realizar la tarea.

Se requiere disponer de una instalación de agua y una bomba de inyección la cual contara con una cánula o tubo inyector.



B. Realice un barreno en la parte media del frente de entre 1.4 a 3 metros de longitud con una ligera inclinación hacia el piso.

La cánula se introducirá en el barreno dejando un espacio entre el fin del tubo y el fondo del barreno de 40 cm.



## HUMECTACIÓN EN FRENTES DE ARRANQUE

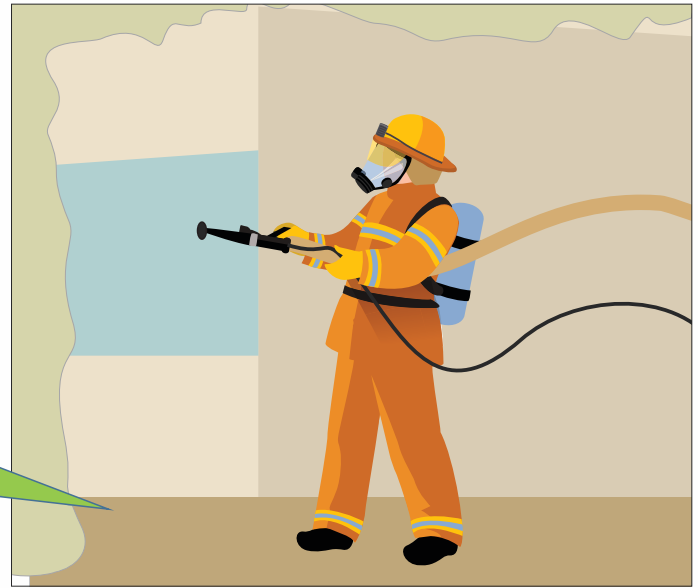


### C. El procedimiento para hacer la inyección es el siguiente:

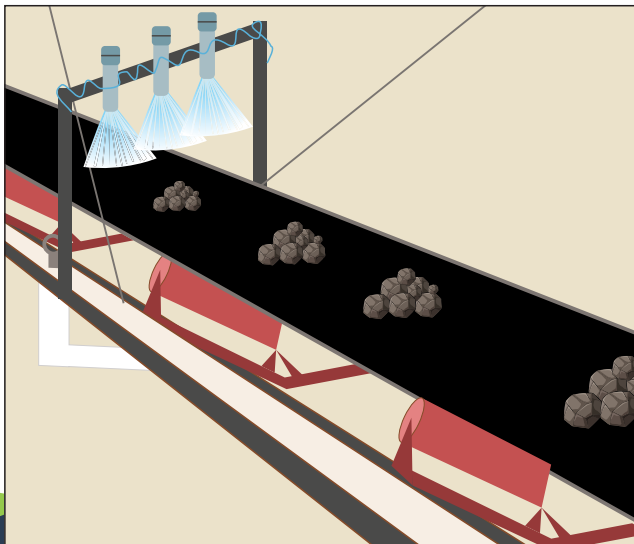
- Revisar el estado de la bomba.
- Tener todas las llaves cerradas.
- Abrir la llave de entrada de agua.
- Abrir lentamente la llave de aire comprimido.
- Revisar la presión de inyección de agua, mediante el manómetro 120 kg/cm<sup>2</sup> ó 117 Bar.
- Si la bomba está correctamente regulada se procederá al inicio de la operación de inyección.

Una vez finalizado el proceso de inyección se deberán dejar todas las llaves cerradas.

La inyección se realizará durante el tiempo suficiente para que el agua filtre por el frente de carbón, momento en el cual se dejará de inyectar para evitar que un exceso de agua desestabilice el frente.



## HUMECTACIÓN EN PUNTOS DE CARGUE Y DESCARGUE



A. Identifique los puntos de cargue, transporte o transferencia de mineral de carbón dentro de las vías subterráneas y demás sitios donde se pueda generar polvo.

B. Realice instalación de red de agua o cerciórese de contar con esta en los puntos de cargue y descargue.



## HUMECTACIÓN EN PUNTOS DE CARGUE Y DECARGUE

**C. Planifiqué la dosificación y el tiempo de aspersión a los sitios de cargué y descargué de mineral de carbón.**

Las acumulaciones de polvo deben mantenerse húmedas, de manera que este polvo tenga un contenido mínimo de agua del (75%).



**D. Realice supervisión al control de aspersión en los sitios de interés**



## NEUTRALIZACIÓN CON POLVO INERTE CALIZA.

**A. Aliste materiales, herramientas y accesorios necesarios para realizar la neutralización.**

1. Bultos de capacidad máxima de 10 o 15 Kg, de roca caliza molida a malla 400.
2. Elemento cortante para abrir los bultos.

**B. Identifique el tramo de vía subterránea a neutralizar. (Reciba la orden de jefe de turno)**



## NEUTRALIZACIÓN CON POLVO INERTE CALIZA



**C. Verifique las condiciones del frente de trabajo.**

Evalué el estado del sostenimiento, verifique los tableros de gases, el tránsito en el sitio y la presencia de obstáculos.



**D. Inicie la actividad de neutralización con polvo caliza.**

1. Asegúrese que no allá equipos en movimiento que lo puedan arrollar.
2. En lo posible no realizar esta actividad, cuando este personal laborando.
3. Realice el lanzamiento del polvo caliza por toda el área de la vía subterránea. (Piso, paredes y techo).
4. La forma más óptima es iniciar de abajo hacia arriba.



El lanzamiento del polvo caliza se debe hacer a favor de la corriente de aire.  
**¡Cuide sus ojos, utilice todo el tiempo las gafas en esta actividad!**

## NEUTRALIZACIÓN CON POLVO INERTE CALIZA



E. Realizar orden y aseo en el área de neutralización.

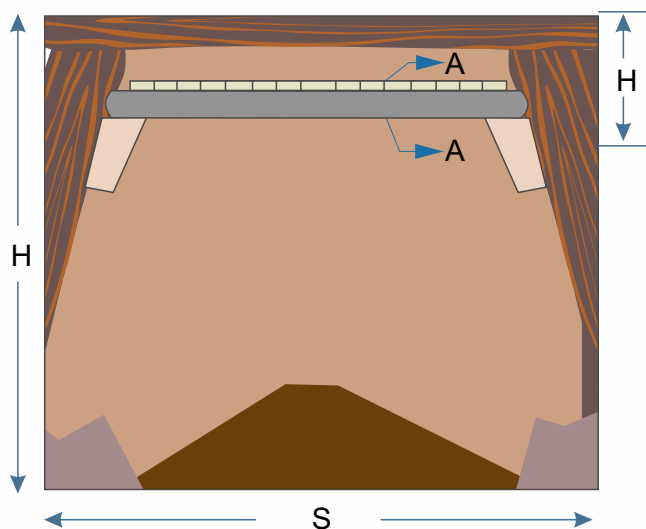
Es recomendable realizar limpieza a señalización del área intervenida por el polvo caliza.

Por su seguridad y la de sus compañeros la señalización y equipos de primeros auxilios deben quedar libres del polvo de caliza.



## CONTROL DE LA PROPAGACIÓN DE EXPLOSIONES DE POLVO DE CARBÓN.

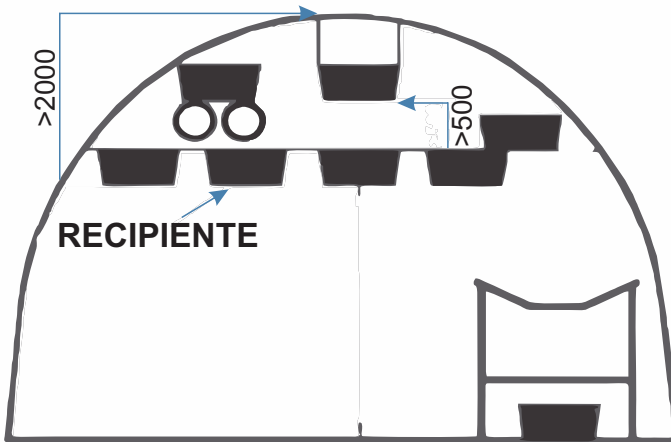
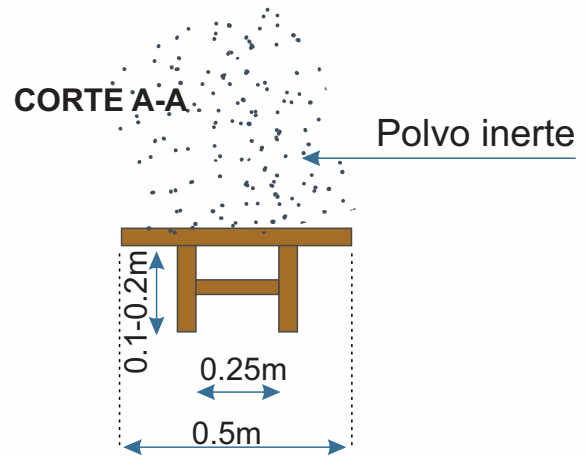
De acuerdo al decreto 1886 de 2015 Artículo 70. Contra la propagación de explosiones de polvo de carbón, se deben instalar barreras de polvo inerte de caliza o recipientes con agua, teniendo en cuenta las siguientes normas:



1. Las barreras de polvo inerte de caliza o de agua se deben instalar en tramos de vías subterráneas, aproximadamente rectos, horizontales o inclinados.

## CONTROL DE LA PROPAGACIÓN DE EXPLOSIONES DE POLVO DE CARBÓN.

2. Los tramos de vías rectos delante y detrás de la barrera, deben tener una longitud mínima de veinticinco metros (25 m).



3. En la zona donde se instale la barrera contra explosiones, debe indicarse en un tablero, la sección de la vía, así como el número de plataformas, la carga y el peso de ésta.

Las barreras deben estar identificadas y señalizadas.

4. Las plataformas de las barreras de polvo inerte de caliza o agua, deben estar constituidas de tablonos no clavados y sin rebordes.

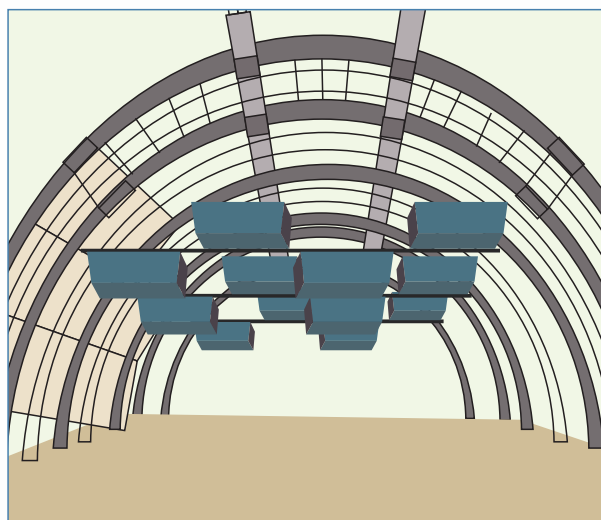
5. El material inerte que se utiliza en las barreras de polvo, debe tener las mismas características del usado en los procesos de neutralización.

## CONTROL DE LA PROPAGACIÓN DE EXPLOSIONES DE POLVO DE CARBÓN.

6. El material utilizado en los recipientes de las barreras de agua, debe ser lo suficientemente frágil, para que se rompa al ser alcanzado por un golpe de polvo o una onda explosiva.

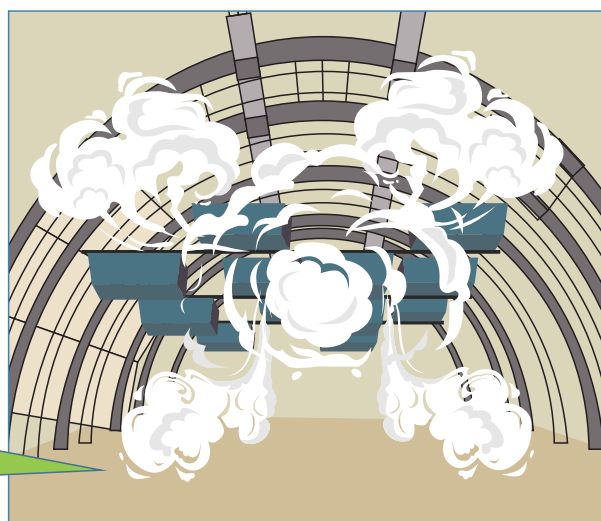


7. Las barreras de polvo inerte de caliza o agua, deben ubicarse perpendiculares al eje de la galería o del inclinado.



8. Las barreras de polvo inerte de caliza o agua que se utilizan para aislar sectores de explotación, deben contener por lo menos, cuatrocientos litros de material por metro cuadrado (400 l/m<sup>2</sup>) de sección transversal de la galería donde estén instaladas y su longitud debe ser inferior a ochenta metros (80 m).

9. Las barreras que se instalan en las galerías de transporte de carbón, deben contener por lo menos doscientos litros de material por metro cuadrado (200 l/m<sup>2</sup>) de sección transversal de la galería donde estén instaladas y su longitud debe ser inferior a cuarenta metros (40m).



Dentro de las inspecciones realizadas a los servicios de la mina se debe incluir la revisión periódica de las barreras.



## MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA MINAS GRISUTUOSAS

Las medidas de prevención estipuladas para el control de metano parten de la clasificación de las labores mineras subterráneas de carbón de acuerdo a la concentración de metano (Artículo 58 Decreto 1886 /2015).

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
<b>I. Minas o frentes de trabajo no gristuosos.</b>	Son aquellas labores o excavaciones subterráneas para las cuales la concentración de metano en cualquier sitio de la mina no alcanza el cero por ciento (0%).
<b>II. Minas o frentes débilmente gristuosos.</b>	Son aquellas labores o excavaciones subterráneas para las cuales la concentración de metano en cualquier sitio de la mina sea igual o inferior a cero coma tres por ciento (0,3%).
<b>III. Minas o frentes fuertemente</b>	Son aquellas labores o excavaciones subterráneas para las cuales la concentración de metano en cualquier sitio de la mina sea superior a cero coma tres por ciento (0,3%).



Según la categorización por el contenido de metano, se debe hacer los siguientes controles:

1. En la Categoría I, se debe controlar al iniciar cada turno y antes de iniciar cualquier voladura.



## MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA MINAS GRISUTUOSAS

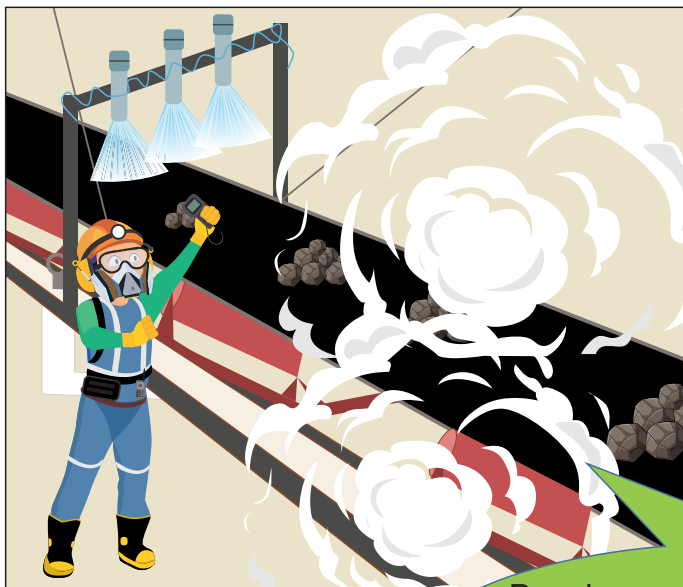


**2. Categoría II, se debe controlar al iniciar cada turno, antes de efectuar cualquier voladura o por lo menos cada dos (2) horas durante la jornada de trabajo.**



**3. En la Categoría III, se debe controlar antes de iniciar cada turno y en forma permanente y continua en los sitios establecidos en el artículo 46 de este Reglamento.**

- Todos los frentes de trabajo bajo tierra.
- Los sitios donde se ubican equipos eléctricos y electromecánicos; como cabezas motrices y tambores de retorno de bandas transportadoras, panzers, equipos para bombeo.
- Vías principales de transporte.
- Vías de tránsito de personal.
- Comunicaciones con trabajos antiguos o abandonados.
- En cercanía a tabiques que aislen zonas incendiadas.



Para hacer un monitoreo continuo y permanente en las minas de categoría 3 se debe contar con un sistema de monitoreo estacionario de metano y oxígeno.

Toda mina debe contar e implementar un plan de ventilación que garantice que todas las labores y vías subterráneas accesibles al personal y los lugares donde se tenga maquinaria, estén permanentemente recorridas por un volumen suficiente de aire para mantener una atmosfera limpia y respirable.

