



**V ENCUENTRO NACIONAL  
DE SOCORREDORES MINEROS**

**Gloria Catalina Gheorghe**

*Ing. de Minas y Metalurgia*

*MSc. Salud Ocupacional y Ambiental*

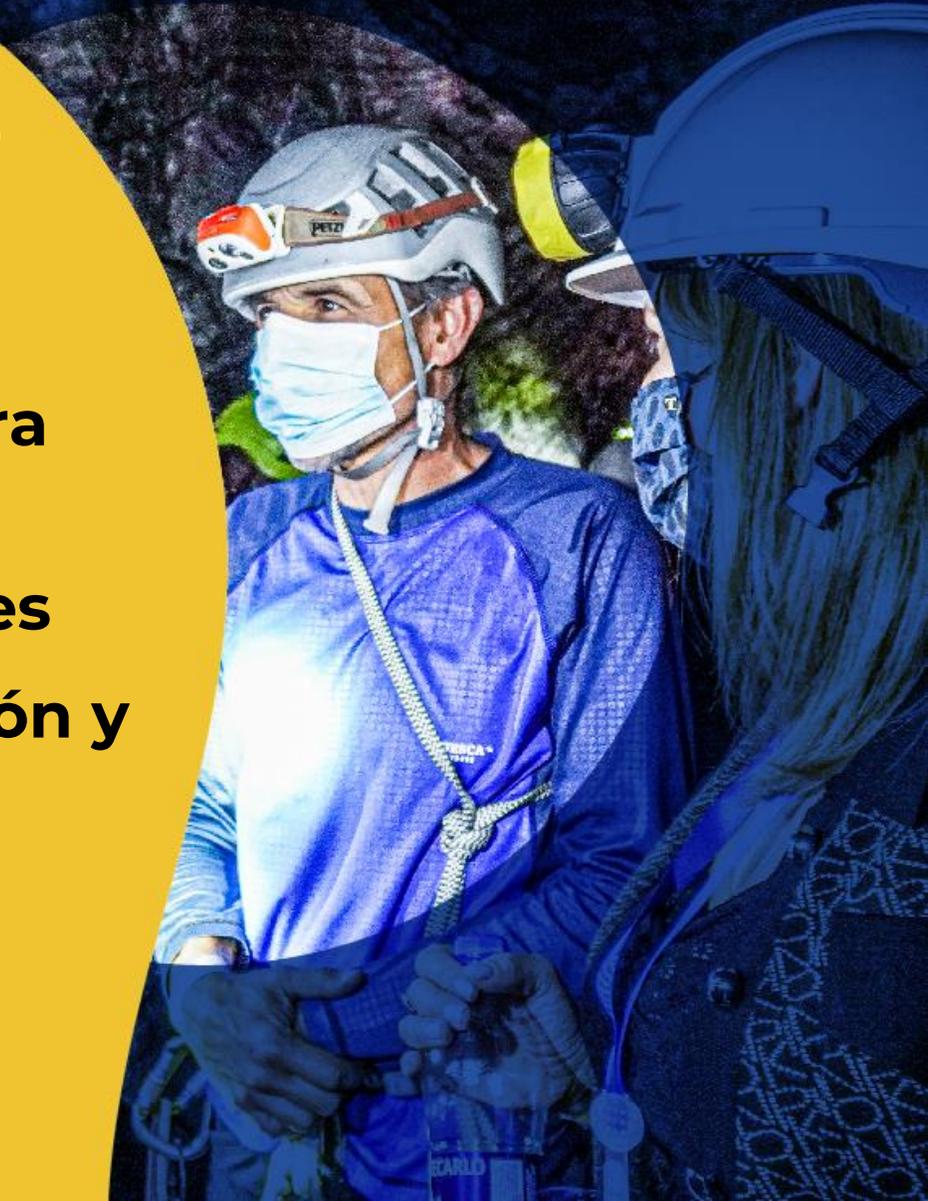
*Esp. en Seguridad Minera*

*Esp. en Gerencia en Salud Ocupacional*



# Contenido

- 1) Las explosiones y su potencial de catástrofe**
- 2) Los requerimientos de una explosión y su dinámica**
- 3) ¿Como llegamos a ese punto para que ocurra una explosión?**
- 4) Opciones para prevenir y mitigar explosiones**
- 5) Modelo de gestión del riesgo en la prevención y mitigación de explosiones**
- 6) Material de consulta**
- 7) Reflexión**





**V ENCUENTRO NACIONAL  
DE SOCORREDORES MINEROS**

**1**

# **Las explosiones y su potencial de catástrofe**



# Cifras en Colombia

Período 2005-2022(sep/30). Fuente: ANM

*Un total de 687 afectados, de ellos 241 heridos, solo en 7 explosiones no hubo víctimas*

TOTAL EMERGENCIAS:

**1692**

EMERGENCIAS POR  
EXPLOSIÓN:

**172**

*Uno de cada 10 eventos  
son explosiones*

TOTAL MUERTES:

**1926**

MUERTES POR  
EXPLOSIONES:

**447**

*Uno de cada cuatro mineros  
muere en explosiones*



# Explosiones catastróficas en Colombia

FECHA	LUGAR	MUERTES
14/jul/1977	Amagá, Antioquia,	86
03/feb/2007	Sardinata, Norte de Santander	31
17/jun/2010	Amagá, Antioquia	73
26/01/2011	Sardinata, Norte de Santander	21
23/jun/2017	Cucunubá, Cundinamarca	13
07/abr/2020	Cucunubá, Cundinamarca	11
24/ago/2021	Tópaga, Boyaca	12
26/feb/2022	Tasco, Boyaca	15
30/may/2022	Zulia, Norte de Santander	15



V ENCUENTRO NACIONAL  
DE SOCORREDORES MINEROS

*Todas las explosiones primarias de metano y secundaria de polvo de carbón han causado víctimas mortales y catástrofes y en nueve de ellas han muerto 277 personas*

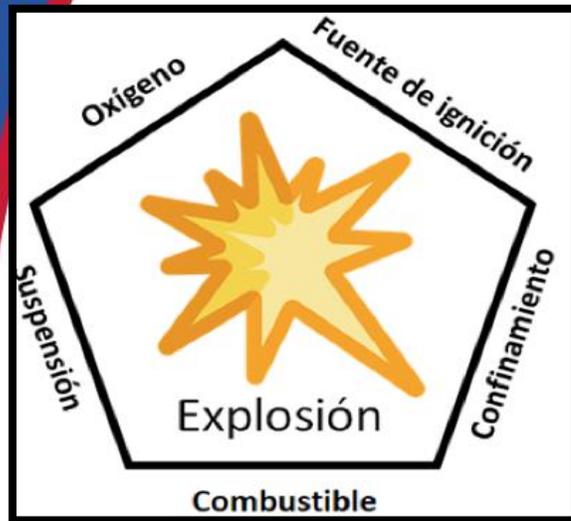
AGENCIA NACIONAL DE  
**MINERÍA**



**V ENCUENTRO NACIONAL  
DE SOCORREDORES MINEROS**

**2**

# Los requerimientos de una explosión y dinámica



## Pentágono de explosividad

### CONFINAMIENTO

Es lo que asegura una rápida transferencia de calor para que ocurra la explosión.

EL CH<sub>4</sub> se propaga a la presión atmosférica y el polvo de carbón a 170 kPa.

### OXIGENO

>12.2% CH<sub>4</sub>  
13 A 18% polvo de carbón  
Por cada 100°C disminuye 1%

### FUENTE DE IGNICIÓN

Energía mínima

0.3 mJ para CH<sub>4</sub>

3 mJ para polvo de carbón

- Chispa de fricción
- Chispa eléctrica
- Chispa electrostática
- Explosivos
- Llama abierta
- Combustión espontanea

### SUSPENSIÓN Y

### DISPERSIÓN

Se requiere la ráfaga de viento y polvo fino de carbón.

### COMBUSTIBLE

Metano: CH<sub>4</sub>

LIE: 5%, LSE: 15% (no son absolutos y disminuyen en función de el incremento de T y la presencia de polvo de carbón en suspensión.

Densidad relativa: 0,7

Temperatura mínima de inflamación: 537°C

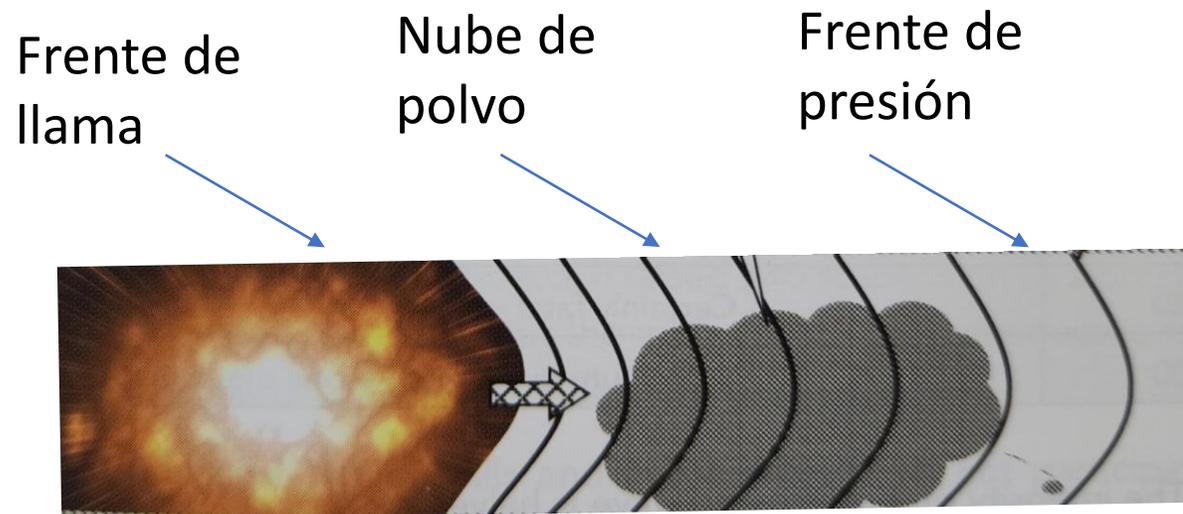
### Polvo de carbón:

10-500 gr/m<sup>3</sup>

- Granulometría:< 200 micras
- A mayor contenido de volatiles, mayor riesgo

# Dinámica de una explosión

Pueden haber explosiones solo de metano (las más frecuentes), explosiones de polvo de carbón o explosiones primarias de metano y secundarias de polvo de carbón.



1. Temperaturas: 300 a 2000 C
2. Presiones: 1 a 500 kPa
3. Velocidad: 100 a 200m/s
4. Co residual: 0,02 a 8.0%



**V ENCUENTRO NACIONAL  
DE SOCORREDORES MINEROS**



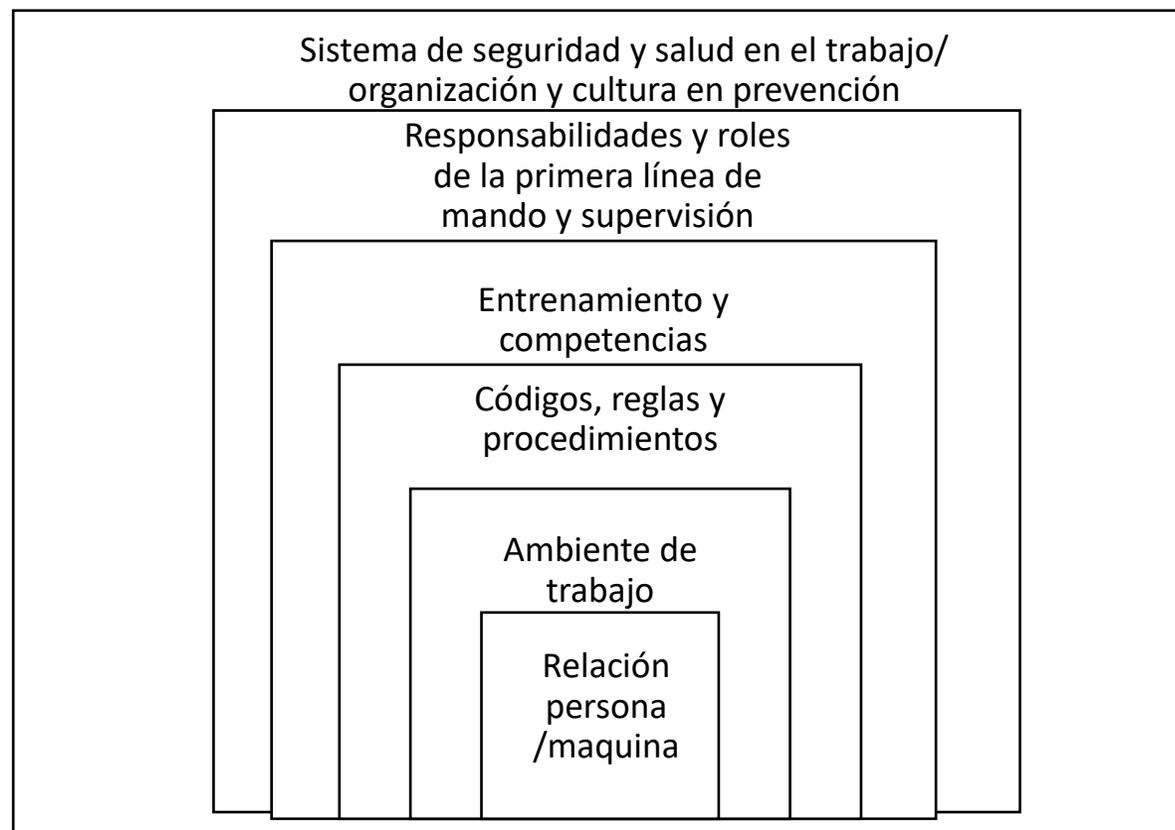
**V ENCUENTRO NACIONAL  
DE SOCORREDORES MINEROS**

**3**

**¿Como llegamos a ese punto para que ocurra una explosión?**

# Modelos de causalidad de eventos con heridos y muertos

## Modelo: Factores que predisponen el error humano (Geoff et al, 2009)



## Modelo de ecuación estructural

Análisis de **320** eventos de minería de carbón con víctimas mortales y heridos en Shandong, China. [Zhang Y et al, 2016]

Encontraron que las condiciones inseguras de las reglas y regulaciones de una organización (SG-SST) influyen en

1. Los comportamientos inseguros del operario
2. En las condiciones inseguras de los equipos
3. Y en las condiciones inseguras del ambiente de trabajo



**V ENCUENTRO NACIONAL**  
DE SOCORREDORES MINEROS



**V ENCUENTRO NACIONAL  
DE SOCORREDORES MINEROS**

**4**

# Opciones para prevenir y mitigar explosiones

# Jerarquía de controles

Eliminar

Sustituir

Controles de ingeniería

Señalización, advertencia y/o  
controles administrativos

Elementos de protección  
personal

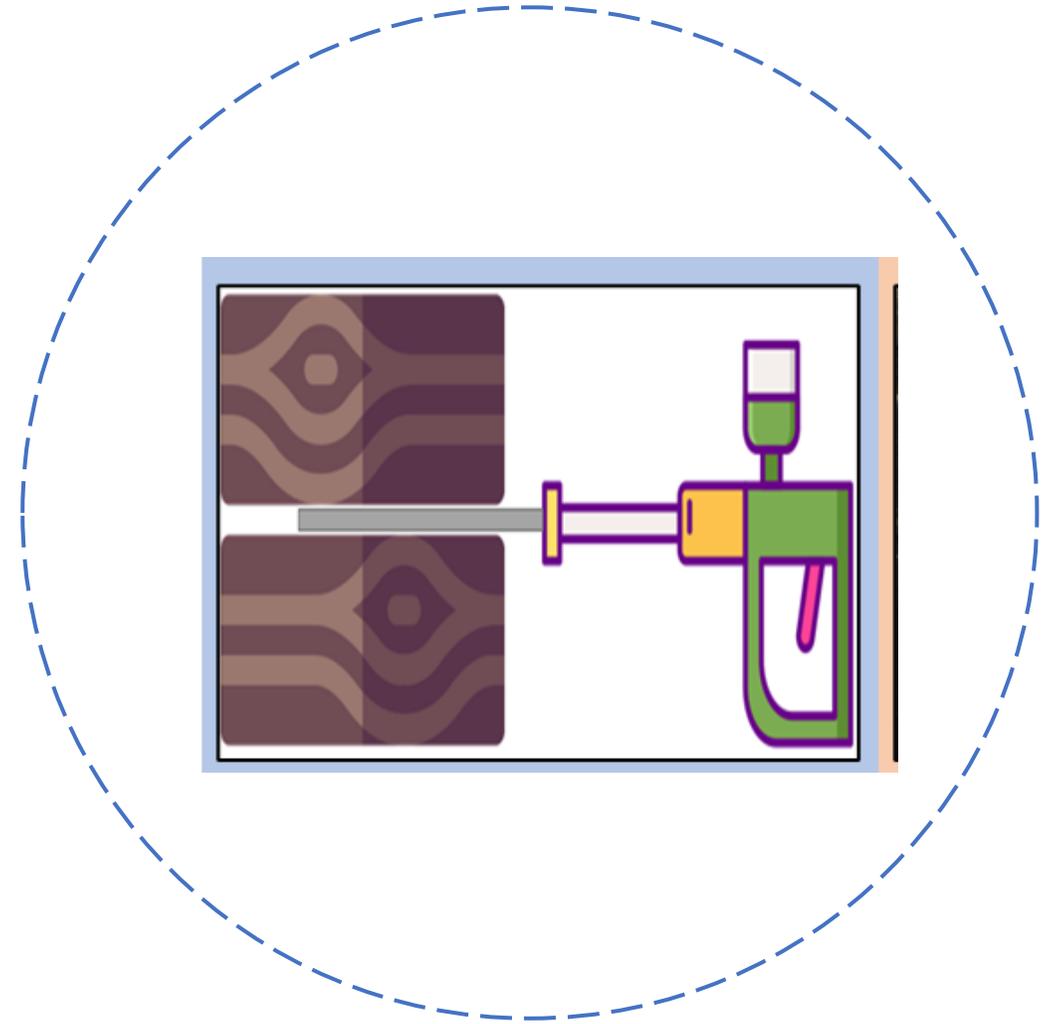


# Controles de Eliminación

- Realizar drenajes previos al manto de carbón
- Implementar campañas de limpieza de polvo de carbón



**V ENCUENTRO NACIONAL**  
DE SOCORREDORES MINEROS



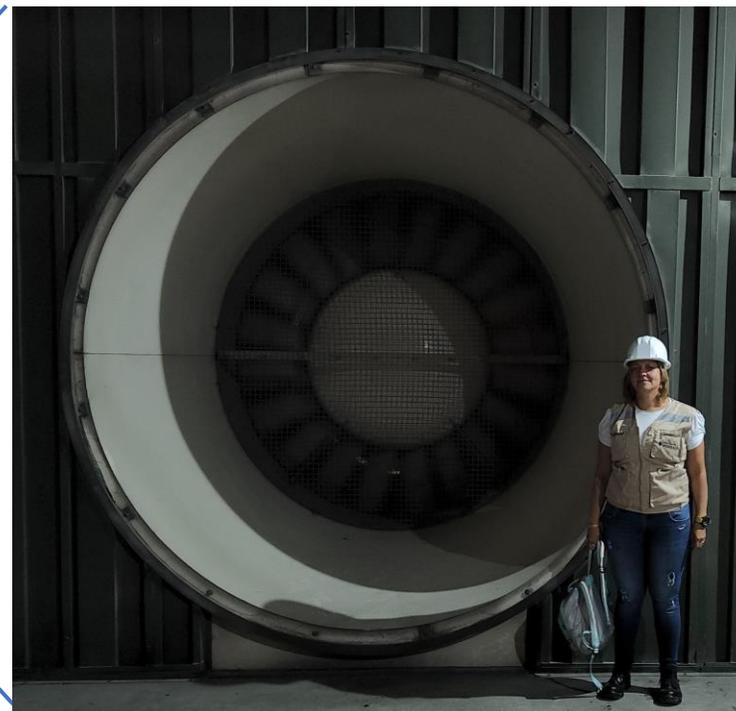
# Controles de Sustitución

- Sustituir equipos no aptos para trabajar en atmosferas explosivas por equipos con modos de protección adecuados (Grupo I, Ma, Mb) de acuerdo a las normas IEC
- Plan de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos



# Controles de ingeniería

- Ventilación forzada (Aire en calidad y cantidad suficiente para diluir las concentraciones de metano. Velocidad de aire garantiza la no estratificación del gas (0.5 m/s).
- Neutralización del polvo de carbón
- Barreras de agua o de polvo de carbón
- Monitoreo y control a zonas de fallas y cambios sedimentarios



# Controles Administrativos

- Monitoreo continuo de gases y el respectivo análisis de tendencias
- Muestreos de polvo de carbón
- Procedimientos de trabajo seguro
- Programa de capacitación
- Seguimiento para la toma de decisiones
- Plan de emergencias



**V ENCUENTRO NACIONAL  
DE SOCORREDORES MINEROS**

Muestreos:  
<https://youtu.be/vlhTJo9nw4Y>



*Foto: Participación de  
Colombia en IMRC USA  
2022*

**AGENCIA NACIONAL DE  
MINERÍA**

# Controles del individuo

- Uso de autorrescatadores
- Refugios mineros



V ENCUENTRO NACIONAL  
DE SOCORREDORES MINEROS



DEZEGA



AGENCIA NACIONAL DE  
**MINERÍA**

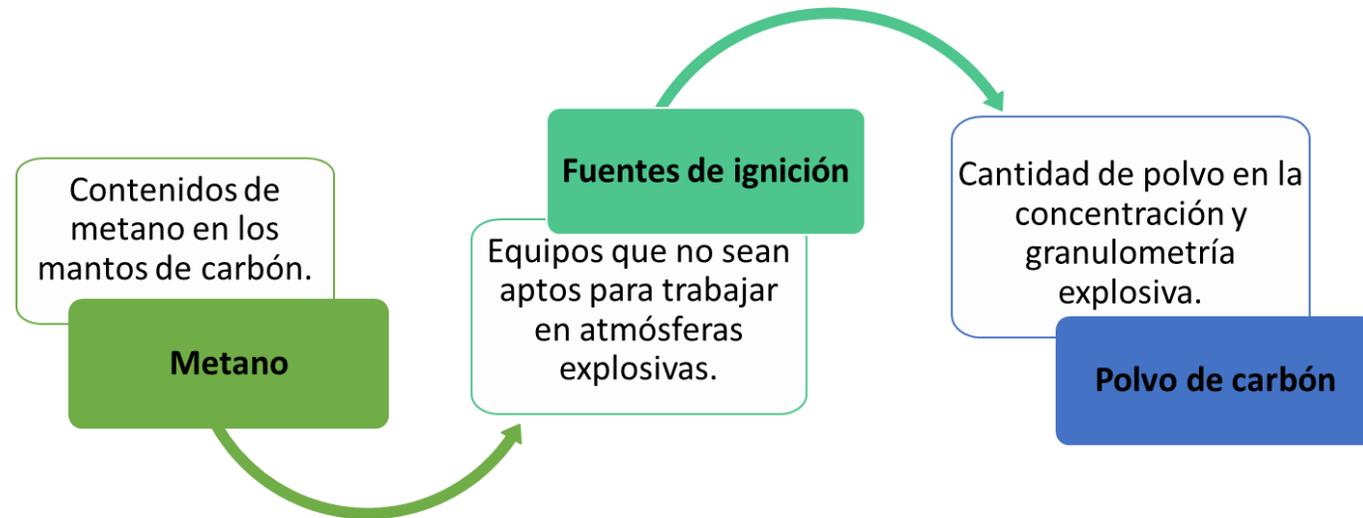


**V ENCUENTRO NACIONAL  
DE SOCORRORES MINEROS**

**5**

# **Modelo de gestión del riesgo en la prevención y mitigación de explosiones**

# Metodología de gestión del riesgo



# ¿Cómo estimamos y valoramos el riesgo?

A través de la identificación del peligro y la evaluación de la medida de prevención implementada, asignamos una valoración

Esta valoración estará seccionada en tres niveles

**Nivel de Deficiencia (ND)**

Presencia de metano y funcionamiento de la ventilación

Presencia de polvo de carbón y medidas antiempolvamiento

**Nivel de Exposición (NE)**

Presencia de equipos certificados o no, y la implementación de mantenimiento preventivo

**Nivel de Consecuencia (NC)**

Se analizan las consecuencias si se llega a materializar el riesgo

**Nivel de Riesgo (NR)**

$$NR = ND \times NE \times NC$$



**V ENCUENTRO NACIONAL  
DE SOCORREDORES MINEROS**

**6**

**Material de consulta**

# 6. Material de consulta

## MATERIAL AUDIOVISUAL

Metodología de gestión del riesgo: <https://youtu.be/PculRDJyj1w>

Mediciones de metano: <https://youtu.be/PrPyHCGBJvE>

Muestreo de polvo de carbón: <https://youtu.be/vlhTJo9nw4Y>

Uso del CDEM: <https://youtu.be/Tz5VAFhaR28>

**Especialización en Ingeniería contra incendios y explosiones.**

Universidad Nacional de Colombia

**CIRCULAR 001 de la VSCS.** Recomendaciones con respecto a la prevención de explosiones de Grisú, y a la limitación de sus efectos por la participación del polvo de carbón

<https://www.anm.gov.co/?q=content/circular%2A01%2Adel%2A15%2Ade%2Ajunio%2Ade%2A2022>



**V ENCUENTRO NACIONAL  
DE SOCORREDORES MINEROS**



Guía técnica: [https://www.anm.gov.co/sites/default/files/guia\\_prevenion\\_mitgacion.pdf](https://www.anm.gov.co/sites/default/files/guia_prevenion_mitgacion.pdf)



**V ENCUENTRO NACIONAL  
DE SOCORREDORES MINEROS**

**7**

**Reflexión**

## 7. Reflexión



V ENCUENTRO NACIONAL  
DE SOCORREDORES MINEROS

- *¿A que te vas a comprometer?*
- *¿Que harás de diferente en tu trabajo para evitar el horror de una explosión?*
- *¿A quien o a que le vas a echar la culpa de lo que ocurra?*

Podemos hacer de nuestra mina un lugar seguro con el liderazgo y compromiso de **todos** los niveles de la organización. Controles de ingeniera, procedimientos, capacitación y seguimiento orientado a la toma de decisiones son herramientas esenciales y cultiva siempre una **solida cultura de prevención.**

# GRACIAS



[cardonacatalina@gmail.com](mailto:cardonacatalina@gmail.com)



[@CataGheorghe1](https://twitter.com/CataGheorghe1)



V ENCUENTRO NACIONAL  
DE SOCORREDORES MINEROS

AGENCIA NACIONAL DE  
**MINERÍA**

