

EL FUTURO ES HUMANO

PLAN NACIONAL

Multimodal 2025

Fórmulas para la vida

Valores + Emociones + Competencias

Respeto + Alegría + Aprendizaje

EL FUTURO ES HUMANO

Comunidad Nacional de Conocimiento en

Prevención de Peligros en el Sector Minería

Fórmulas para la vida

Valores + Emociones + Competencias
Responsabilidad + Amor + Aprendizaje

SESIÓN 7: INVESTIGACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO Y MEDIDAS DE CONTROL PARA MINERÍA SUBTERRÁNEA



JOSÉ ALFREDO GUÍO GARZÓN

COMUNIDAD NACIONAL DE CONOCIMIENTO EN PREVENCIÓN DE PELIGROS EN EL SECTOR MINERÍA

 josealfredog@hotmail.com

 310 8717798

INGENIERO EN MINAS, ESPECIALISTA EN SALUD OCUPACIONAL Y PROTECCIÓN DE RIESGOS LABORALES, MAGISTER EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO, ENTRENADOR EN MINERÍA DECRETOS 1886/2015, 0944/2022, ENTRENADOR LUDICO INTERNACIONAL EN SST, LIDER DE LA ESTRATEGÍA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTALIDAD EN MINERÍA, EXPERIENCIA DE 31 AÑOS EN PEQUEÑA MINERÍA Y 23 AÑOS EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO EN MINERÍA, CONSTRUCCIÓN, OTROS.



Ruta de conocimiento



EVALUÉMONOS



Fórmulas para la vida

Valores + Emociones + Competencias

Respeto + Gratitud + Ética y sostenibilidad

“Si no se monitorea y se realiza análisis de los datos obtenidos se crea una falsa seguridad”

JAGG

CONTENIDO



ESTADÍSTICAS DE
ACCIDENTALIDAD



MATERIAL PARTICULADO



ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN



RESULTADOS DE LA
INVESTIGACIÓN



ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS



MEDIDAS DE CONTROL



CONCLUSIONES



RECOMENDACIONES



Objetivo general

Revisar mediciones de material particulado en las minas subterráneas y realizar un análisis de los datos tomados



OBJETIVOS

01

DAR A CONOCER
ESTADÍSTICAS DE
ACCIDENTALIDAD.

02

REVISAR ASPECTOS TEORICOS SOBRE
MATERIAL PARTICULADO EN MINAS
SUBTERRANEAS Y SUS INCIDENCIAS EN LA
SALUD Y EN LA CONFORMACIÓN DE
ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS.

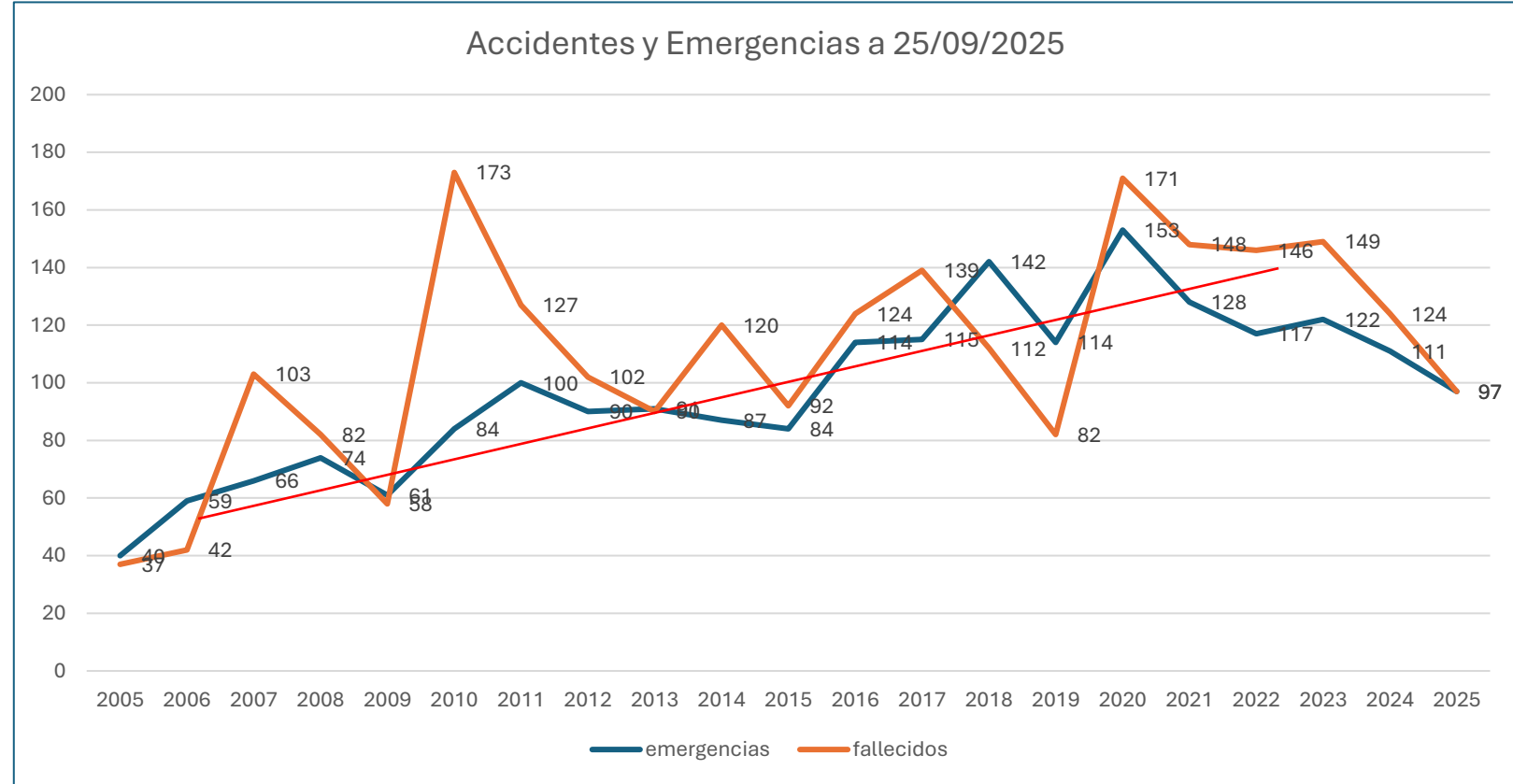
03

DAR A CONOCER EL
ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN
SOBRE MATERIAL
PARTICULADO

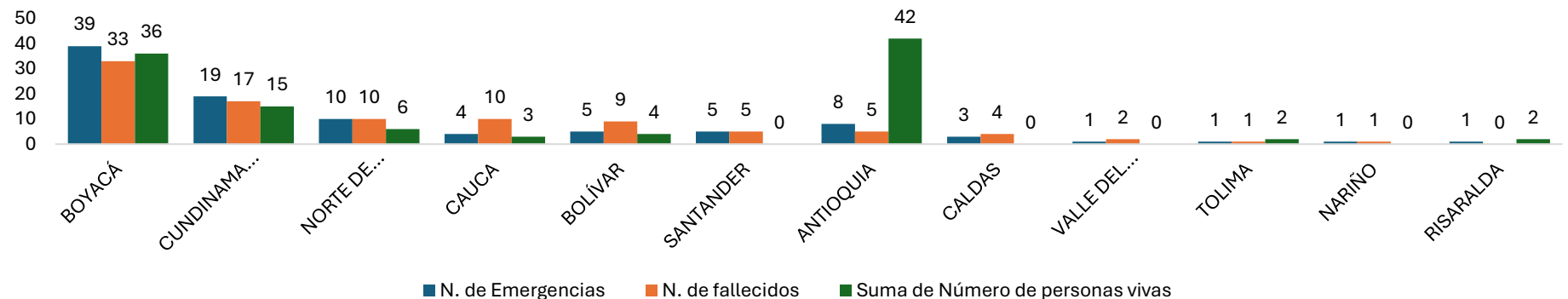
TÍTULO ESTADÍSTICAS DE ACCIDENTALIDAD MINERA EN COLOMBIA

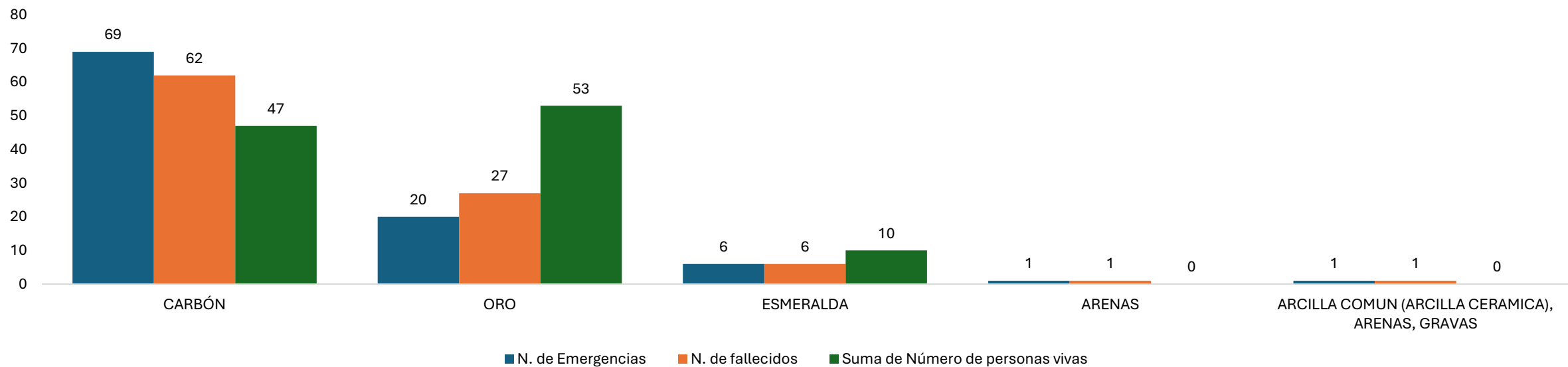
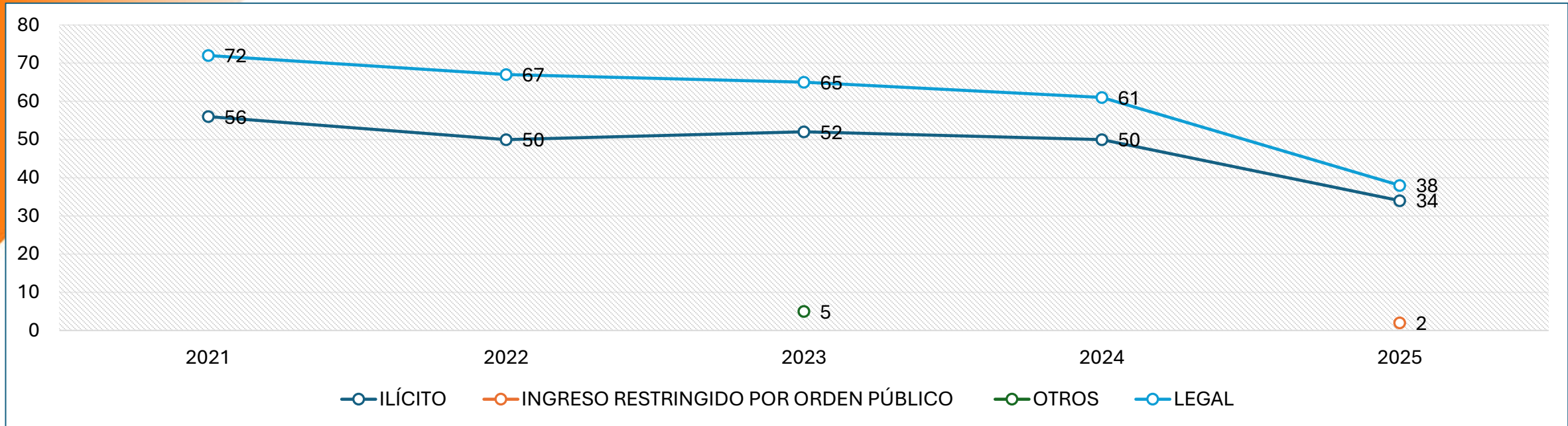
Fuente Agencia nacional de
Minería a 25/09/2025

año	emergencias	fallecidos
2005	40	37
2006	59	42
2007	66	103
2008	74	82
2009	61	58
2010	84	173
2011	100	127
2012	90	102
2013	91	90
2014	87	120
2015	84	92
2016	114	124
2017	115	139
2018	142	112
2019	114	82
2020	153	171
2021	128	148
2022	117	146
2023	122	149
2024	111	124
2025	97	97
Total general	2049	2318



ACCIDENTALIDAD MINERA DEL 2020 AL 2025 (Corte 25-09-25)





¡PORQUÉ LA PREVENCIÓN?



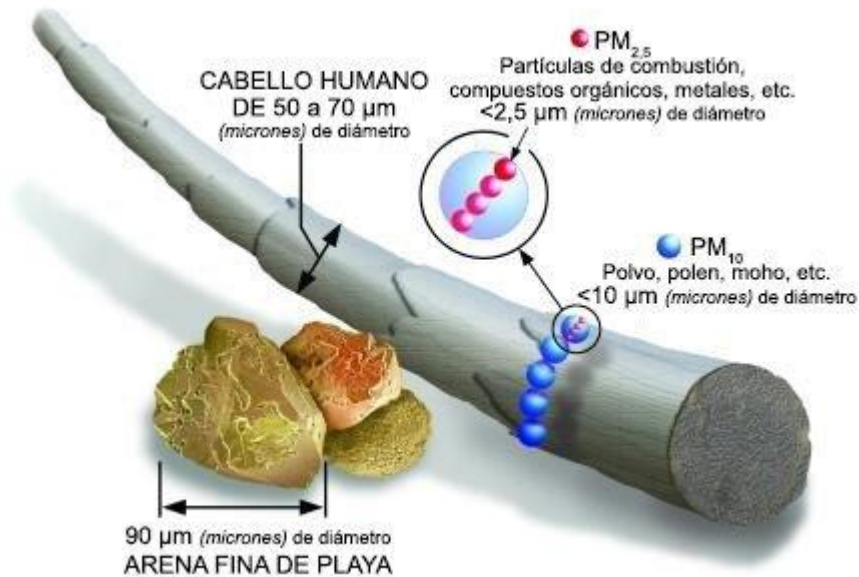
La prevención de accidentes en la minería no es solo una cuestión técnica: es una necesidad vital que protege vidas, garantiza la continuidad de las operaciones y promueve el desarrollo sostenible.

Más adelante te explico por qué es tan crucial:

Material particulado

En minería subterránea, el material particulado se refiere al polvo y otras partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire que resultan de actividades como la voladura, excavación, transporte y procesamiento del mineral. Estas partículas son un riesgo significativo porque pueden inhalarse, afectando la salud respiratoria de los mineros, y también representan un peligro de explosión o acumulación en zonas bajas de la mina.

PM significa material particulado (también llamado contaminación por partículas): el término para una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire. Algunas partículas, como el polvo, la suciedad, el hollín, o el humo, son lo suficientemente grandes y oscuras como para verlas a simple vista. Otras son tan pequeñas que solo pueden detectarse mediante el uso de un microscopio electrónico.



Fuentes de producción de Material particulado

En minería subterránea, el material particulado son partículas que vienen en muchos tamaños y formas, y pueden estar conformadas por cientos de diferentes químicos.

Algunas se emiten directamente desde una fuente, como Almacenamiento, depósitos del mineral(tolvas), frentes de avance, incendios endógenos, sistemas de transporte(vehículos, vagonetas, bandas).

La mayoría de las partículas se forman en la atmósfera como resultado de reacciones complejas de químicos

Daños en la salud

El material particulado contiene sólidos microscópicos y gotas de líquido que son tan pequeños que pueden inhalarse y provocar graves problemas de salud. Las partículas menores a 10 micrómetros de diámetro suponen los mayores problemas, debido a que pueden llegar a la profundidad de los pulmones, y algunas hasta pueden alcanzar el torrente sanguíneo.

Las partículas finas ($PM_{2,5}$) son la causa principal de visibilidad reducida (bruma)



PELIGROS POR PRESENCIA DE MATERIAL PARTICULADO.

Riesgo de explosión: Si la ignición entra en contacto con una nube de polvo explosivo, puede producirse una explosión. Las consecuencias pueden ser graves, provocando daños materiales importantes, lesiones graves e incluso la pérdida de la vida.

Peligro de incendio: También pueden provocar incendios. Si una fuente de ignición, como una chispa, entra en contacto con el polvo acumulado, puede iniciarse un incendio y propagarse rápidamente.

Peligro para la salud: La inhalación de estos polvos inflamables puede causar problemas pulmonares, irritación de las vías respiratorias, alergias u otras dolencias más graves.



Y QUÉ PUEDE PROVOCAR LA
PRESENCIA DE MATERIAL
PARTICULADO.

Atmósferas Explosivas

Las Atmósferas explosivas se forman al mezclarse gases inflamables con el aire, y si mantienen su concentración dentro de los Límites de Inflamabilidad (Inferior y Superior)



El material particulado forma atmósferas explosivas.

Las explosiones de metano y polvo de carbón son la segunda causa más catastrófica en accidentes mineros

1977: explosión en una mina de carbón en Amagá por la acumulación de gases 86 personas fallecidas

2010: explosión en mina de carbón en Amagá 73 personas fallecidas

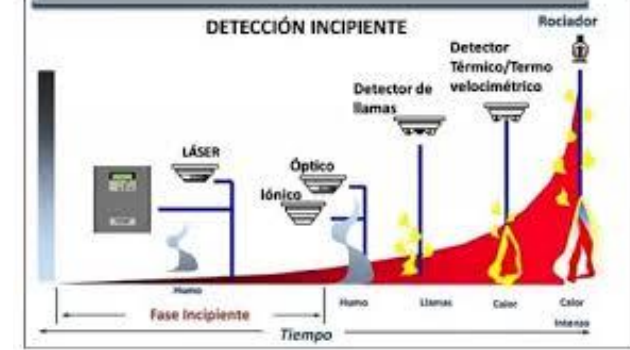
2022: explosión en mina de carbón en Boyacá 5 personas fallecidas



ANÁLISIS DE RIESGO Y DISEÑO DE PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE CONTROL DE POLVO EN MINAS SUBTERRÁNEAS.



MATERIAL PARTICULADO POLVO DE CARBÓN



MEDIO AMBIENTE



FUENTE



TRABAJADOR



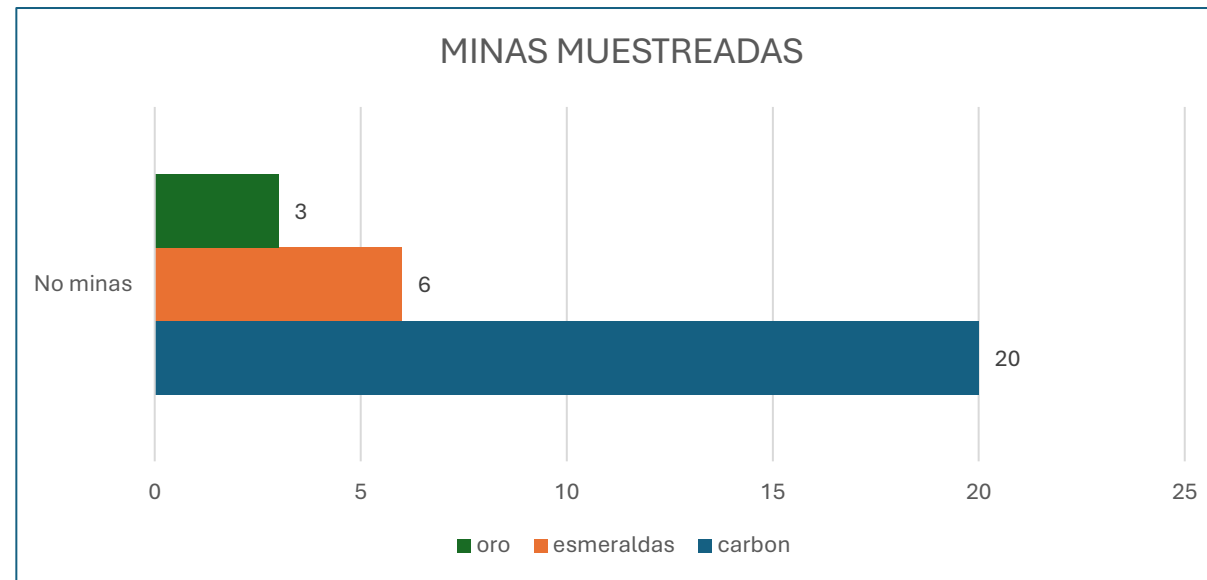
MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE CONTROL

- POLVO EN SUSPENSIÓN ENEMIGO PELIGROSO
- POLVO EN SUSPENSIÓN MAS CH₄ RESULTADOS DEL EFECTO COMBINADO ES TODAVÍA MAS PELIGROSO POR LOS EFECTOS DE TEMPERATURA Y FUERZA QUE TOMA EL FENÓMENO.
- EL POLVO SE COMBATE HACIÉNDOLO INCOMBUSTIBLE Y SACANDO ESTE POLVO AFUERA DE LA MINA.
- EL METANO SE COMBATE MIDIÉNDOLO DIARIAMENTE Y CON SUFICIENTE VOLUMEN DE AIRE, INSTALANDO UN VENTILADOR PRINCIPAL Y SECUNDARIOS DONDE SEAN NECESARIOS

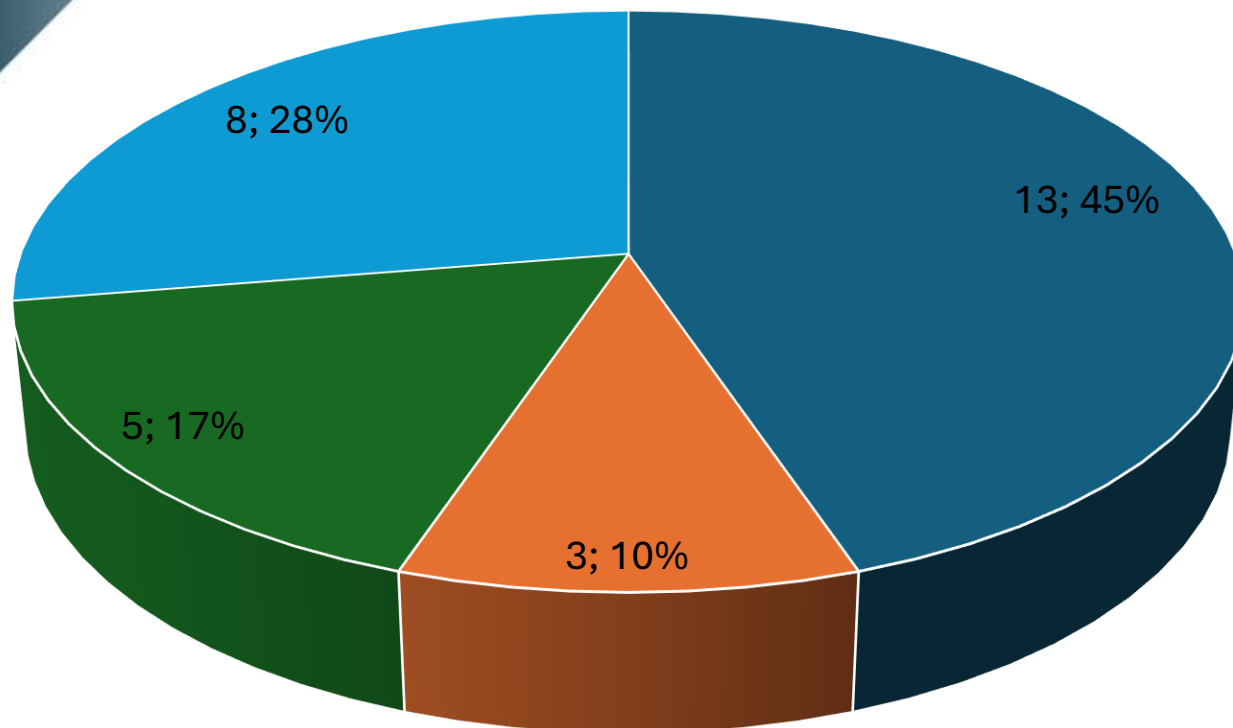


INVESTIGACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO MINERÍA SUBTERRÁNEA

29 minas Muestreadas



DEPARTAMENTOS ESTUDIADOS



BOYACA CALDAS CUNDINAMARCA NORTE DE SANTANDER



Colombia



paintmaps.com

ZONAS DE ESTUDIO

EQUIPOS UTILIZADOS



CONTADOR DE
PARTICULAS PCE-PCO 1



Dräger X-am 5600

TERMOHIGROANEMOMETRO
PCE-VA -20



MULTIDETECTOR DE
GASES X AM 5600



MEDIDOR DE CALIDAD
DEL AIRE VT-6 IN1

VARIABLES ANALIZADAS NÚMERO DE AFOROS 360

DAT	OS	0.3um	0.5um	1.0um	2.5um	5.0um	10um	AT(°C)	DP(°C)	RH(%)	WB(°C)	O2	CO	CO 2	H2S	CH4	2	NO	V	A2	Q	HCHO	TVOC	pm2,5	pm10	fecha	lugar
2	320920	108336	45543	24242	383	158	26,6	25,2	92,8	25,8	20,5	0	0,09	0	0	0	0,05	2,4	0,12	0,007	0,014	504	658	8/10/2024	9:10	CURVA A DER	
3	57229	18099	2892	441	68	25	28,5	27,4	94,8	27,9	20,4	0	0,16	0	0	0	0,38	2,97	1,128 6	0,007	0,01	524	683	08/10/2024 09:20:33	a. m.	ABS 150	
4	78749	32235	7660	1535	441	159	29,7	28,8	95,7	29,1	20,9	0	0,09	0	0	0	0,43	2,8	1,204	0,005	0,013	530	694	8/10/2024	9:30	ABS 180	
5	6052	2102	358	52	17	7	29,9	28,5	93	29	20,9	0	0,1	0	0	0	2,5	2,5	6,25	0,005	0,012	442	579	8/10/2024	10:10	ABS 225	
6	59963	24358	6303	1331	411	130	30,4	28,9	92,6	29,4	20,9	0	0,1	0	0	0	0,45	2,5	1,125	0,007	0,012	468	614	8/10/2024	10:12	ABS 240	
7	41116	14823	2304	371	79	20	32,2	31,3	96,2	31,6	20,8	0	0,1	0	0	0	0,05	2,5	0,125	0,007	0,011	454	597	8/10/2024	10:14	GAJO 3	
8	36351	14537	3818	7158	245	105	33,4	31,9	93	32,4	20,8	0	0,04	0	0	0	0,1	2,5	0,25	0,007	0,011	499	589	8/10/2024	10:20	GAJO 2	
9	92354	36813	7919	1273	324	126	33,3	31,9	93,4	32,3	19,9	0	0,31	0	0	0	0,1	2,5	0,25	0,006	0,012	428	561	8/10/2024	10:36	CLAVADA ABAJO DM	
10	191127	155642	114397	45085	7986	2058	33,2	31,9	90	31,8	19,8	0	0,76	0	0	0	0,33	2,5	0,825	0,005	0,011	999	999	8/10/2024	10:53	GAJO 160 INICIO	
11	444124	269732	87840	17419	4510	1372	29,4	31,2	92,4	28,4	19,7	0	0,18	0	0	0	0,1	2,5	0,25	0,005	0,014	652	855	8/10/2024	11:03	COMUNICA TEXAS	
12	190782	76890	15830	2515	413	129	29,5	27,9	96,5	29	20	0	0,22	0	0	0	0,5	2,5	1,25	0,008	0,016	563	737	8/10/2024	11:17	COMUNICA TRIUNFO	
13	31178	11222	2176	373	94	31	32,4	28,7	97,7	32	20,8	0	0,15	0	0	0	0,48	2,5	1,2	0,009	0,012	650	839	8/10/2024	11:34	ABS 220	
14	136300	65667	19832	42801	291	416	32,4	28,7	97,7	32	20,5	0	0,09	0	0	0	0,5	2,5	1,25	0,009	0,015	431	565	8/10/2024	11:34	COMUNICA TRIUNFO	

RESULTADOS MATERIAL PARTICULADO

Variable	Media	Mediana	Desviación Estándar	Rango
0.3um	23451.1	15324	21453.2	4135-369350
0.5um	10369.4	6314	9432.1	1548-174337
1.0um	2862.3	1944	2631.4	366-60840
2.5um	607.4	432	571.2	115-21241
5.0um	133.5	132	123.4	43-1225
10um	61.3	40	63.2	20-362



- En frentes de explotación.
- En zonas de descargue
- En zonas de cargue
- De acuerdo a los sistemas de transporte utilizados
- En zonas con mala ventilación.
- En zonas con presencia de Incendios Endógenos

HALLAZGOS PRINCIPALES

- Partículas PM 2.5 y PM 10 superan ampliamente los límites recomendados por la OMS en la mayoría de puntos.
- Monóxido de carbono (CO) presente en zonas profundas, aunque dentro de límites permisibles, indica acumulación por ventilación limitada y presencia de Incendios Endogénos.
- Compuestos orgánicos volátiles (TVOC) y trazas de formaldehído detectados en áreas con baja renovación de aire.
- Ambientes cálidos y húmedos favorecen la suspensión de contaminantes y aumentan el estrés térmico



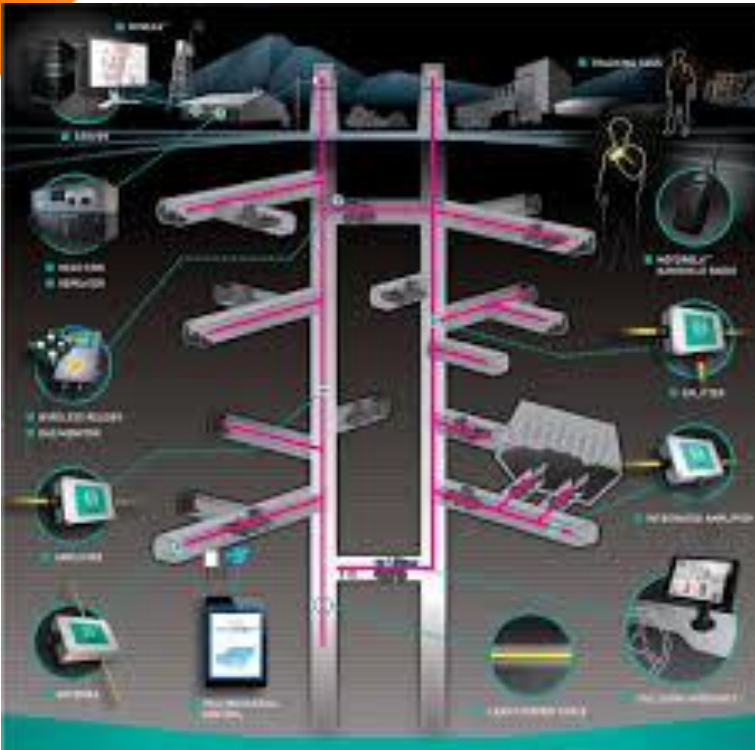
HALLAZGOS



1. **Altas concentraciones de polvo respirable ($PM_{2.5}$)** en todos los puntos → necesidad urgente de **mejorar ventilación y control de polvo** (aspersión, lavado de frentes, sellado de retornos).
2. **Posible fuente de H_2S** en zonas de producción → requiere confirmación inmediata y monitoreo continuo.
3. **Presencia de CO** en frentes calientes que determina conatos de Incendio
 1. **CO_2 elevado y caudal bajo** en zonas *de producción*, sugiere acumulación por recirculación o baja extracción.
 2. **Condiciones térmicas húmedas** → mantener control de temperatura con aire fresco y revisión de drenaje.
 3. **Formaldehído y VOCs** dentro de niveles bajos, pero conviene vigilar motores y lubricantes.

RECOMENDACIONES

- Mejorar la ventilación forzada en zonas con baja velocidad de aire.
- Instalar sensores ambientales para gases como CO, CO₂ y TVOC, material particulado, velocidades del aire, otras.
- Fortalecer el uso de mascarillas especializadas y ropa de protección, Uso de EPP.
- Implementar rotación de personal y pausas térmicas en ambientes extremos.



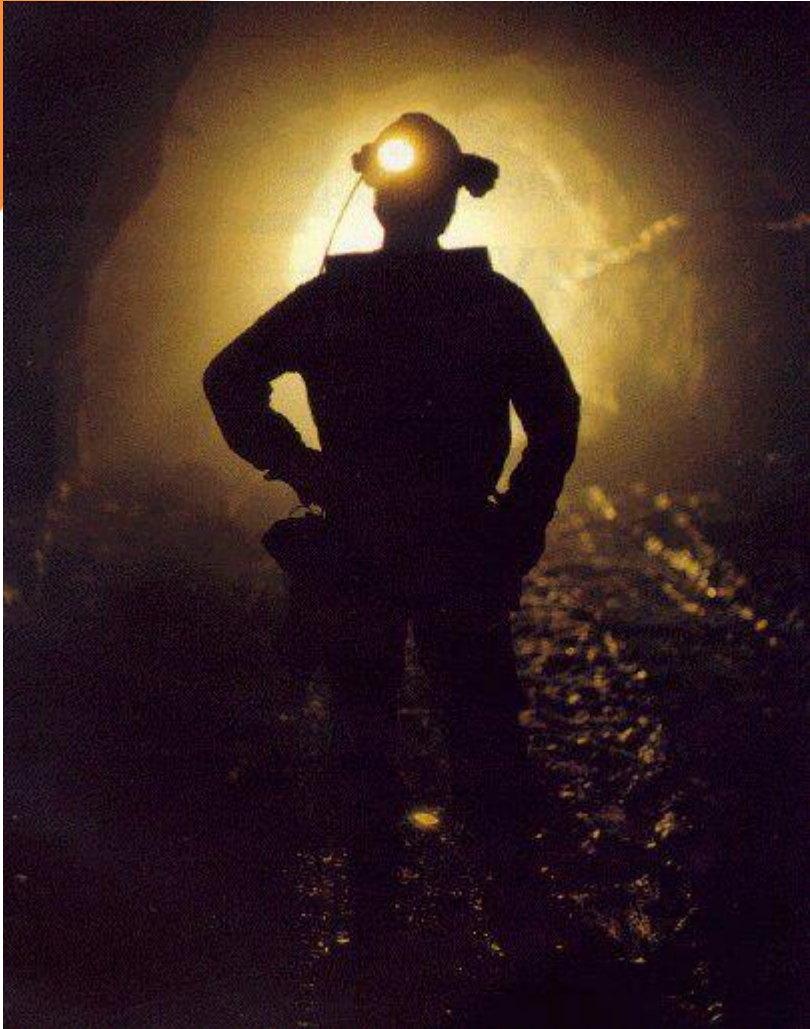
Este tipo de evaluaciones son fundamentales para garantizar condiciones laborales seguras y sostenibles en entornos subterráneos. La prevención comienza con el monitoreo.

MEDIDAS DE CONTROL



1. Fuentes de emisión: Identificar y controlar fuentes de emisión de partículas, frentes de producción, bandas, perforación, otros.
2. Monitoreo continuo: Realizar monitoreo continuo de la calidad del aire para detectar niveles elevados de partículas.
3. Uso de Elementos de protección personal.
4. Lavado de Minas
5. Barreras de polvo, agua, inertización.
6. Regulaciones y normas: Cumplir con las normas locales de calidad del aire y regulaciones sobre emisiones.

MEDIDAS DE CONTROL



- Control de CO en zonas incendiadas y de CO₂ en toda la mina.
- Optimizar la ventilación de la mina, Mejorar ventilación principal (caudal y recirculación adecuada), extracción localizada en frentes de trabajo.
- **Uso de Elementos de protección personal adecuados**
- **Monitoreo continuo:** instalar detectores fijos/portátiles calibrados para CO, H₂S, O₂, CH₄ y PM2.5 con alarmas. Registrar TWA de 8 h si hay exposición prolongada.
- **Acciones médicas:** si hubo exposición y hay síntomas (mareo, náusea, cefalea, visión borrosa), derivar trabajador a evaluación médica (posible intoxicación por CO o H₂S).
- Revisar y mantener combustión (motores diésel) fuera de zonas de trabajo o con escape tratado.
- Aplicar supresión de polvo (aspersión de agua, sistemas de extracción, encapsulamiento) y filtros en las corrientes de retorno.
- Programa de mantenimiento en maquinaria utilizada.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de varianza sugiere que hay diferencias significativas en las concentraciones de partículas entre los diferentes lugares, pero no entre los momentos de medición.

La correlación entre las concentraciones de partículas de diferentes tamaños es alta y significativa, lo que sugiere que las partículas de diferentes tamaños están relacionadas entre sí

- Las concentraciones de partículas varían significativamente entre los diferentes lugares.
- Las partículas de diferentes tamaños están relacionadas entre sí.
- El lugar es un predictor significativo de las concentraciones de partículas.



Resultados Temperaturas.

VARIABLE	MEDIA	MEDIANA	DESV ESTANDAR	RANGO
Temperatura Seca	27.3°C	27.6°C	1.5°C	24.7-30.4°C
Temperatura Humeda	24.4°C	24.2°C	1.7°C	22-26.7°C
Humedad relativa (RH):	83.3%	88.3%	8.5%	66.5-93.5%
Tempeeratura efectiva	25.4°C	25.8°C	1.4°C	23.8-27.6°C



PROBLEMAS DE SALUD

Golpe de calor: La exposición prolongada a temperaturas altas puede causar golpe de calor, especialmente en personas vulnerables como ancianos, niños y personas con enfermedades crónicas.

- Deshidratación: La sudoración excesiva puede llevar a la deshidratación, especialmente en personas que no beben suficiente agua.
- Problemas respiratorios: Las temperaturas altas pueden empeorar los problemas respiratorios como el asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).
- Sensación de calor: La alta humedad relativa puede hacer que la temperatura se sienta más alta de lo que realmente es, lo que puede aumentar el riesgo de golpe de calor y deshidratación.
- Problemas de salud mental: La exposición prolongada a temperaturas altas y alta humedad relativa puede causar irritabilidad, ansiedad y depresión.



Medidas de control.

- Hidratación permanente: Beber suficiente agua: Es importante beber suficiente agua para evitar la deshidratación.
- Evitar la exposición prolongada: Es importante evitar la exposición prolongada a temperaturas extremas, especialmente durante las horas más calurosas del día.
- Buscar atención médica: Si se experimentan síntomas de golpe de calor o deshidratación, es importante buscar atención médica de inmediato.



Y LA ACIDEZ EN EL AIRE

- Concentraciones de contaminantes: Las concentraciones de formaldehído y TVOC son relativamente bajas en comparación con los límites de exposición recomendados por las organizaciones de salud y seguridad ocupacional.

Las medidas de control a implementar es la buena ventilación

Se aclara que no se realizaron mediciones en minas subterráneas donde se utilizan medios de transporte de combustión interna



Recomendaciones

Ventilación adecuada: Asegurarse de que la ventilación en el área sea adecuada para eliminar los contaminantes del aire.

- Monitoreo regular: Realizar un monitoreo regular de la calidad del aire para detectar cualquier problema potencial.
- Control de fuentes: Identificar y controlar las fuentes de contaminantes en el aire, como materiales de construcción o productos de limpieza.

En resumen, los datos sugieren que la calidad del aire en el interior de las minas por lo general no es buena, por eso es importante mantener la ventilación adecuada y monitorear regularmente la calidad del aire para asegurarse de que no haya problemas potenciales.





“inviertes en tecnología hoy para salvar vidas, mejorar productividad y asegurar la sostenibilidad de la mina mañana”.

BIBLIOGRAFÍA

- www.anm.gov.co
- www.mintrabajo.gov.co
- www.minsalud.gov.co
- www.icontec.org.co
- www.presidencia.gov.co
- Guío J A studio de material particulado en minas subterráneas en Colombia

EVALUÉMONOS



Fórmulas para la vida

Valores + Emociones + Competencias

Respeto + Gratitude + Ética y sostenibilidad



PREGUNTAS

Recuerda que POSITIVA tiene para ti:



<https://posipedia.com.co/>



Cursos virtuales



Artículos



Audios



Juegos digitales



OVAS



Guías



Mailings



Videos



¿Quieres profundizar tus conocimientos y
potenciar tus competencias en SST?

¡Capacítate y fortalece
la seguridad de tu empresa!

CURSOS

**VIRTUALES SG-SST
DE 50 Y 20 HORAS**

Escanea e insíbete



Para trabajadores de todas las empresas, áreas y sectores.

¡TE ESPERAMOS!



Conoce cómo

descargar los certificados de las acciones educativas

01



02

Consulta tu certificado

Descarga el certificado y/o constancia de participación a las acciones educativas Positiva.

Para iniciar el proceso de descarga debes ingresar tu número de documento (sin espacios, puntos y comas) y luego dar clic en el botón "Consultar."

Tipo de identificación
Escoge tu tipo de identificación

Numero de documento

Consultar

03

Consultar certificados

Datos del Usuario

Documentos:

Nombre:

Total horas: 205

Mostrar: 10 - respuestas

No.	Acción educativa	Fecha de Certificación	Duración en Horas	Modalidad	Descarga
1	CERTIFICACION INTERNACIONAL COMO ENTRENADOR LUGAR NIVEL 1	2023-09-14	8	PRESENCIAL	
2	CONGRESO TECNICO EN PROMOCION Y PREVENCIÓN 2024 BOGOTÁ MAS POSITIVA	2024-10-10	9	PRESENCIAL	
3	CURSO VIRTUAL DE 20 HORAS ACTUALIZACIÓN DEL PROCESO EDUCATIVO VIRTUAL DE 50 HORAS SOCOT	2024-04-05	20	VIRTUAL	
4	CURSO VIRTUAL DE 10 HORAS SISTEMA DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	2023-09-05	50	VIRTUAL	

Paso 1:
Escanea el código QR

Paso 2:
Selecciona el **tipo de documento** y escribe el **número**, una vez diligenciados da clic en consultar.

Paso 3:
Encontrarás tu historial académico y podrás generar la descarga de tu certificado en el icono