



CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

**POLITÉCNICA**

"Ingeniamos el futuro"

# Universidad Politécnica de Madrid

## **SEGURIDAD E HIGIENE EN MINERÍA. ATMÓSFERAS DE MINA**

**Carlos Macías Evangelista - Juan Herrera Herbert**

**Department of Mining and Underground Excavations.  
Madrid School of Mines  
Technical University of Madrid**

Oct - 2013



## Ventilación de mina

- El control de la atmósfera en una mina es el aspecto más importante de la operación ya que influye en la:
  - Salud de las personas
  - Productividad por condiciones atmosféricas mas confortables para el trabajo humano
- La ventilación de la mina es la herramienta más versátil de control atmosférico
  - Es la aplicación de los principios de la mecánica de fluidos al flujo de aire en excavaciones subterráneas



## Acondicionamiento total del aire en mina

- Control de calidad
  - Control de gases
  - Control de polvo
- Control de cantidad
  - Ventilación
  - Ventilación a la frente o auxiliar
- Control de humedad y temperatura
  - Enfriar/ calentar aire
  - Humidificación/de humidificación

## La atmósfera de mina

- Es el aire que existe en el interior de una mina o en una explotación a cielo abierto.
- Entorno con gases, polvo y partículas de:
  - Oxidaciones (respiración, descomposición de m.o., motores de combustión interna, explosivo,...): CO<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>,
  - Gases propios por la naturaleza de la mina: CH<sub>4</sub>, SH<sub>2</sub>
  - Trabajos de laboreo minero: polvos de carbón y de roca (sílice).
  - Polvo en canteras.
- Factores que afectan en la atmósfera de mina:
  - Temperatura (profundidad, calor corporal, maquinaria, oxidaciones, etc.).
  - Humedad.
  - Grado de contaminación.
- ITC 04.7.05: T máx eq. = 33°C

## Composición del aire

COMPOSICION DEL AIRE SECO		
<i>GAS</i>	<i>% en volumen</i>	<i>% en peso</i>
Nitrógeno - $N_2$	78,09	75,53
Oxígeno - $O_2$	20,95	23,14
Anh. Carbónico - $CO_2$	0,03	0,046
Argón y otros	0,93	1,284

# Respiración humana

INHALACION DE OXIGENO Y AIRE EN LA RESPIRACION HUMANA			
ACTIVIDAD	REPOSO	MODERADA	MUY VIGOROSA
Ritmo respiratorio por minuto,	12 - 1	30	40
Aire inhalado por respiración m <sup>3</sup> /seg. x 10 <sup>3</sup> ,	5 - 13	46 - 59	98
Oxígeno consumido en m <sup>3</sup> /seg. x 10 <sup>-6</sup> ,	4,70	33,04	47,20
Cuociente respiratorio "CR",	0,75	0,90	1,00

$$CR = \frac{CO_2^{exhalado}}{O_2^{consumido}}$$

## Efectos de falta de Oxígeno

Gas inodoro, sin color, sin sabor, no tóxico, fundamental para la vida.

-19% concentración mínima en el ambiente.

-Norma en edificios= 10-30 cfm/hombre (0,56 m<sup>3</sup>/min/hombre)

-Norma minera : 3 m<sup>3</sup>/min por hombre

### EFFECTOS DE LA DEFICIENCIA DE OXIGENO.

Contenido de Oxígeno	Efectos
17 %	Respiración rápida y profunda. Equivale a 2.500 m.s.n.m.
15 %	Vértigo, vahido, zumbido en oídos, aceleración latidos.
13 %	Pérdida de conocimiento en exposición prolongada.
9 %	Desmayo e inconsciencia.
7 %	Peligro de muerte. Equivale a 8.800 m.s.n.m.
6 %	Movimientos convulsivos, muerte.



POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



## Componentes y contaminantes de la atmósfera de mina

**O<sub>2</sub>**

- **Incoloro, inodoro, insípido.**
- **Es consumido en la respiración, oxidación del carbón, putrefacción de la madera, etc.**
- **En concentraciones por debajo del 16% empieza a crear problemas respiratorios**
- **Se mide por medio de medidores automáticos y tubos colorimétricos**

**N<sub>2</sub>**

- **Incoloro, inodoro, insípido.**
- **No realiza ninguna acción química durante la respiración. Inerte y muy refractario a combinarse**
- **Se produce por la putrefacción de sustancias orgánicas y trabajos con explosivos que contengan nitroglicerina**
- **Se mide por medio de tubos colorimétricos**

## Medición con tubos colorimétricos



## Componentes y contaminantes de la atmósfera de mina

**CO<sub>2</sub>**

- **Incoloro, inodoro y con sabor ligeramente ácido**
- **Se disuelve bien en agua y es incombustible**
- **Procede de la putrefacción de la madera y de la oxidación del carbón**
- **En condiciones normales pesa 1,98 kg/m<sup>3</sup> por lo que tiende a irse al suelo de las labores**
- **No es tóxico, es asfixiante (5-6 %). Dolor de cabeza, pérdida de conocimiento e incluso la muerte**
- **Se mide por la lámpara de gasolina (se apaga sin O<sub>2</sub>), detector automático y tubos colorimétricos**

## Componentes y contaminantes de la atmósfera de mina

CO

- **Incoloro, inodoro e insípido. Poco soluble en agua**
- **Pesa 1,25 kg/m<sup>3</sup>**
- **Es combustible. Aparece siempre en combustiones incompletas, como rozamientos, calentamientos, explosiones de grisú o polvo de carbón, escapes de locomotoras diesel, voladuras, etc**
- **Muy tóxico. Se une a la hemoglobina de la sangre con una avidéz 300 veces superior a la del O<sub>2</sub>**
- **Se detecta por medidores automáticos y tubitos colorimétricos.**



POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



## Detector de monóxido de carbono



## Componentes y contaminantes de la atmósfera de mina

**SH<sub>2</sub>**

- Incoloro, olor a huevos podridos y sabor azucarado
- Pesa 1,55 kg/m<sup>3</sup> y se forma durante la putrefacción de la materia orgánica en presencia de compuestos sulfurados.  
Aguas estancadas
- Es absorbido con mucha avidez por el agua
- Muy tóxico incluso más que el CO
- Se puede detectar con tubos colorimétricos

**SO<sub>2</sub>**

- Incoloro, con olor picante
- Su peso es de 2,26 kg/m<sup>3</sup>
- Se produce en la combustión de compuestos sulfurados
- Es muy tóxico y no combustible
- Se mide por medio de tubos colorimétricos

## Componentes y contaminantes de la atmósfera de mina

**H<sub>2</sub>**

- Incoloro, inodoro e insípido
- Pesa 0,09 kg/m<sup>3</sup>. Al ser más ligero que el aire tiende a concentrarse en las partes altas
- Es inflamable y explosivo
- Se produce en estado libre en las salas de baterías durante la operación de carga si el electrolito es SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub>
- Es asfixiante por desplazamiento de oxígeno
- Se detecta por medidores de hidrógeno de visor digital

**NO<sub>x</sub>**

- Gases derivados de los óxidos de nitrógeno
- Pesan 1,34 + 1,45 kg/m<sup>3</sup> y se producen las voladuras
- Huelen a acre y su color es pardo rojizo
- Suelen ir juntos por lo que hay que conocerlos en conjunto
- Son tóxicos pudiendo envenenar por provocación de edemas pulmonares
- Pueden medirse con tubos colorimétricos



## Fuentes de emisión de gases

- **Gases de Estratos:** se produce por migraciones de gases debido a la minería. ( $\text{CH}_4$ , dióxido de carbono, nitrógeno,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ):
  - El metano es el mas "popular" en minería del carbón. Este se moviliza entre los estratos por cambios en la presión existente por la minería. Rango explosivo: 5-15%
  - Los gases de estratos no solo se relacionan a sedimentos también a roca ígnea
- **Gases de Voladura** ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ )
  - Maquinas de combustión interna: pueden emanar hasta  $0,28 \text{ m}^3/\text{HP}$  de contaminantes
  - Fuegos y explosiones ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ )
  - Respiración humana ( $\text{CO}_2$ ) aprox  $0,1 \text{ cfm}/\text{hombre}$
  - Baterías (genera H)



# Concentraciones límites (ITC 04.7.02)

## CONCENTRACIONES LÍMITES DE GASES EN LA ATMÓSFERA DE MINA

GASES	JORNADA DE 8 HORAS		PERÍODOS CORTOS DE TIEMPO	
	P.P.M.	PORCENTAJE %	P.P.M.	PORCENTAJE %
CO	50	0'005	100	0'01
CO <sub>2</sub>	5.000	0'50	12.500	1'25
NO+NO <sub>2</sub>	10	0'001	25	0'0025
SH <sub>2</sub>	10	0'001	50	0'005
SO <sub>2</sub>	5	0'0005	10	0'001
H <sub>2</sub>	1.000	0'1	10.000	1
<b>OXÍGENO MÍNIMO</b>			<b>TEMPERATURA EQUIVALENTE MÁXIMA</b>	
19%			33°C	

GASES		ORIGEN
Necesarios para la respiración	Oxígeno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atmósfera exterior.</li> <li>• Por regeneración del aire de respiración en equipos de autosalvamento.</li> <li>• Por generación en equipos de respiración con botella de O<sub>2</sub> o generación por vía química.</li> </ul>
Anóxicos o Asfixiantes	Nitrógeno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atmósfera exterior.</li> <li>• Aportación del exterior como gas inerte para extinción de fuegos e incendios.</li> </ul>
	Metano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desprendimiento en la mina.</li> </ul>
	Anhídrido carbónico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desprendimiento de CO<sub>2</sub> en la mina (no se conoce en España).</li> <li>• Oxidación lenta del carbón y la madera.</li> </ul>
Tóxicos químicos	Monóxido de carbono	Fuegos e incendios. Combustión lenta del carbón. Incendios y calentamientos de bandas transportadoras, aceites, cables eléctricos y otras sustancias plásticas.
	Gases nitrosos NO + NO <sub>2</sub>	Voladuras con explosivos. Gases de escape de motores de combustión interna.
Tóxicos químicos	Sulfuro de hidrógeno	Aguas estancadas.
	Bióxido de carbono	Oxidación del monóxido de nitrógeno (NO) producido por explosivos y gases de escape.
Otros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácido fórmico</li> <li>• Ácido cianhídrico</li> <li>• Dioxina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala ventilación en el empleo de espumas.</li> <li>• Combustión de poliuretano.</li> <li>• Emisión de vapores.</li> </ul>



## Gases Grisú

- Son una mezcla de  $\text{CH}_4$  + aire en diversas proporciones.
- Incoloro, inodoro e insípido.
- Es combustible, asfixiante y explosivo.
- Pesa  $0,7 \text{ kg/m}^3$ . Por lo tanto se acumula en las partes altas de los huecos de las minas.
- Se genera en el proceso geoquímico de transformación de los restos vegetales en carbón.
- Manifestaciones de su presencia en el carbón:
  - Gas libre: por almacenamiento bajo presión en los poros o grietas de las capas o rocas de los hastiales
  - Gas combinado: mezclado en la estructura del carbón
    - Gas adsorbido: se concentra en la superficie porosa del carbón
    - Gas absorbido: se integra en la estructura del carbón

## Gases Grisú

- Tipos de desprendimiento o liberación:
  - LENTOS: ordinarios, lentos y continuos a lo largo de los frentes de arranque y de los hastiales. Para su eliminación se utiliza la ventilación normal.
  - EN FORMA DE SURTIDOR O SOPLO: audibles, sin violencia. En grietas, fallas o roturas naturales. Se eliminan cerrando la salida; captándolo con tubería o aumentando la ventilación en ese lugar para diluirla
  - INSTÁNTANEOS: violentos tanto de CH<sub>4</sub> como de CO<sub>2</sub>. Liberan cantidades de gas y carbón pulverizado que no se diluyen con la ventilación.
- Causa de los desprendimientos instantáneos:
  - La causa es la presencia de bolsas de carbón finamente triturado y comprimido por grandes presiones que, al ponerse en contacto con una labor, liberan el gas adsorbido y absorbido por una especie de reacción en cadena



## Gases Grisú

### ■ **Carácter explosivo del Grisú:**

- Cuando la proporción del metano en el aire oscila entre el 5 % y el 14 % es Explosivo. El porcentaje más peligroso es en torno al 9 %
- Causas de explosión:
  - Encender una llama
  - Abrir una lámpara de gasolina
  - Voladuras defectuosas de barrenos
  - Fuego de mina
  - Arcos y chispas eléctricas
  - Rozamientos que produzcan aumento de temperatura

## Gases Grisú

- **Clasificación de las minas por presencia de Grisú según ITC 04.1.01 (categoría de una labor subterránea):**
  - **1ª Categoría: sin grisú**  
No habrá indicios en la corriente de salida
  - **2ª Categoría: débilmente grisuosas**  
Cantidades reducidas. Menos del 0,3 % en la corriente de salida
  - **3ª Categoría: fuertemente grisuosas**
    - Se desprenden cantidades abundantes de grisú y gases
    - Si contenido > 0,5 % en el retorno de ventilación general
  - **4ª Categoría: con desprendimientos instantáneos**  
Desprendimientos de forma súbita, masiva y con arrastre

## Gases Grisú

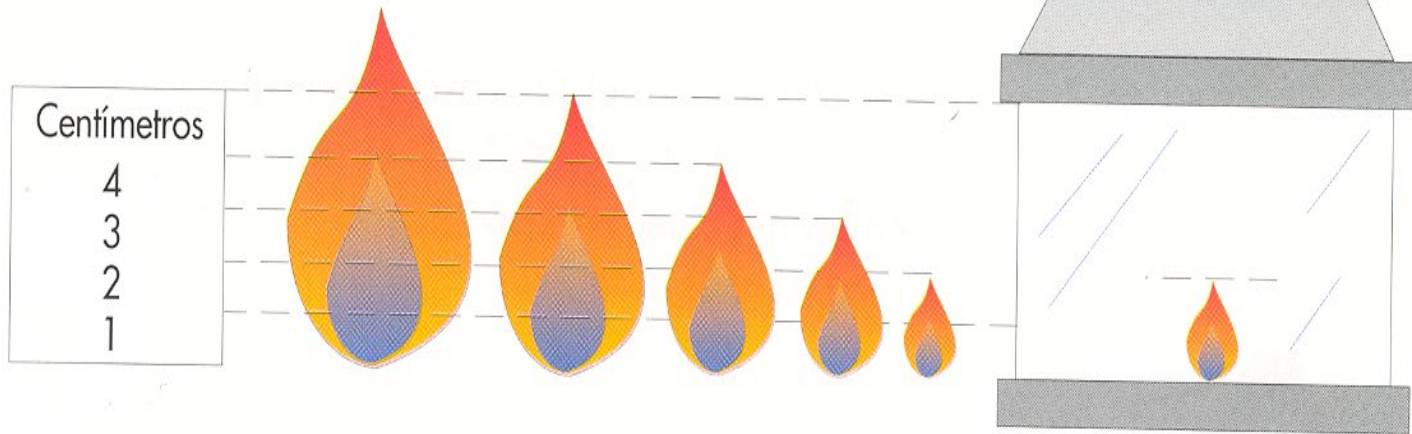
### ■ **Detección del Grisú:**

- **Lámpara de seguridad de gasolina**
  - Primero con llama normal y después con llama corta
- **Grisuómetros, metanómetros diversos:**
  - Aparatos de lectura directa.
  - El más normal es el grisómetro óptico.
- **Estación de telecontrol**
  - Permite el control automático por medio de medidas continuas
  - Actúa, en su caso, dando señales de alarma o desconectando la red eléctrica de alimentación

# Metanómetro digital



# CONTROL DE GRISÚ CON LLAMA NORMAL

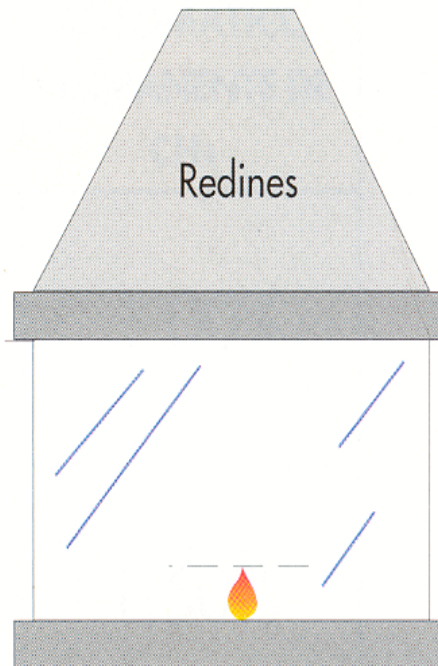
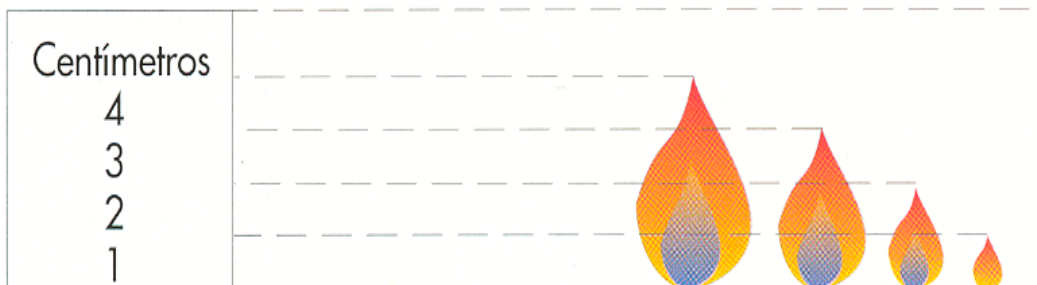


Altura de aureola	Vacila y se apaga	45 mm	40 mm	30 mm	Ligero estiramiento
% de Grisú	6%	4%	3%	2%	1%
Evacuar el tajo, poner una cruz, ventilar y avisar al responsable.				Se puede reconocer con una llama corta.	

Llama normal con 1,5 a 2 cm de altura.

# CONTROL DE GRISÚ CON LLAMA CORTA

Utilizable sólo cuando se tiene la seguridad de que no existe mezcla de explosivos y después de un reconocimiento previo con llama normal.



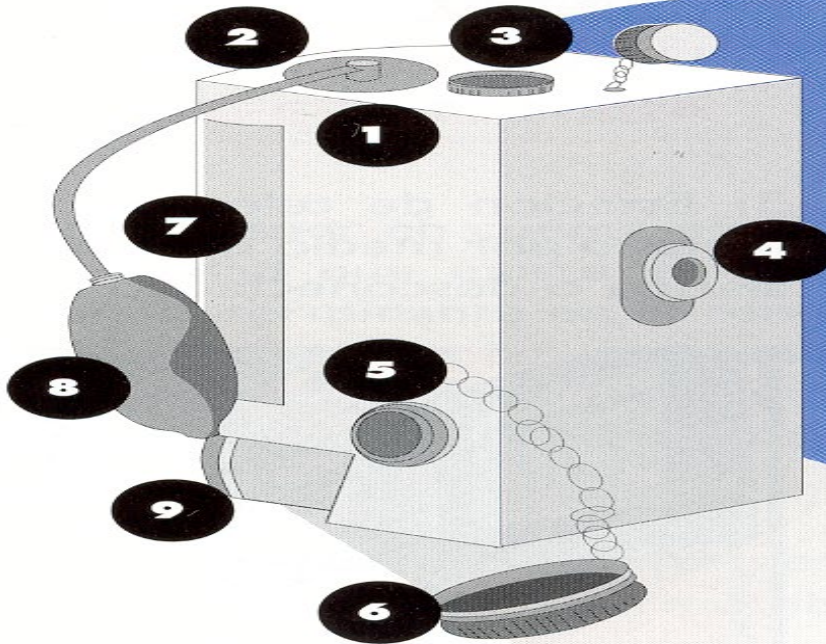
Llama corta se reduce a un punto amarillo central de 1 mm.

Altura de aureola	Posibilidad de explosión	30 mm	13 mm	11 mm	9 mm
% de grisú		5%	3%	2%	1,5%
				1,5%	1%
El uso de llama corta está prohibido.		Evacuar tajo, avisar responsable, señalar.		Prohibido disparar. Ventilar.	

# Monitor para lectura directa de oxígeno y metano



## Grisuómetro óptico



- 1.- Tubo de aspiración de gases
- 2.- Gancho para colgar filtro y goma
- 3.- Ocular
- 4.- Interruptor
- 5.- Volante de ajuste a acero
- 6.- Tapa protectora
- 7.- Contenedor de pilas (1,5 voltios)
- 8.- Bomba de goma
- 9.- Corrector de posición de bombilla



POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



## Estación de telecontrol



# Contenidos límites de CH<sub>4</sub> en la corriente de aire

## ITC 05.0.02

- Si > límites se detendrán trabajos
- Si >2,5 % se abandonarán labores

<b>LABORES</b>	<b>SIN CONTROL AUTOMÁTICO PERMANENTE DE CH<sub>4</sub></b>	<b>CON CONTROL AUTOMÁTICO PERMANENTE DE CH<sub>4</sub></b>
<b>RETORNOS PRINCIPALES</b>	0,80%	1,00%
<b>RETORNOS PARCIALES</b>	1,50%	1,50%
<b>RETORNOS DE TALLERES NO ELECTRIFICADOS</b>	1,50%	1,50%
<b>RETORNOS DE TALLERES ELECTRIFICADOS</b>	1,00%	1,50%



# Temperatura y humedad en la atmósfera minera

## ITC: 04.7.05

- La temperatura y la humedad influyen de forma determinante en el rendimiento del trabajador
- La ITC: 04.7.05, define la temperatura equivalente según el gráfico siguiente, teniendo en cuenta la temperatura seca, la temperatura húmeda y la velocidad de la corriente de aire.
- El límite máximo de temperatura equivalente no excederá los 33°C en ningún lugar donde trabaje personal
- En labores donde la temperatura equivalente sea entre 30 y 33°C una DIS regulará las condiciones y forma de trabajo en ese lugar



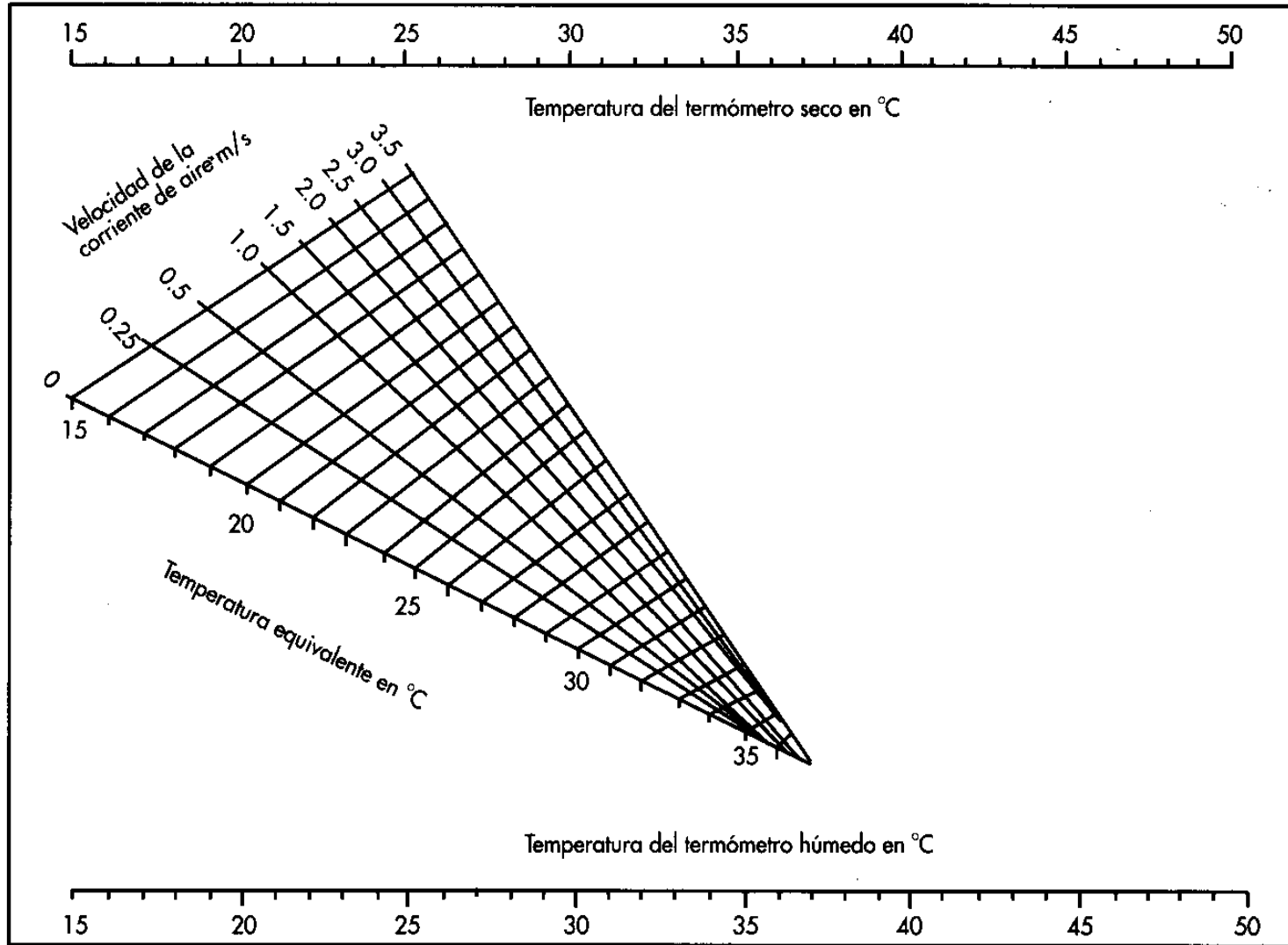
POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid





## Temperatura y Humedad

- La temperatura mínima en minas debe ser mayor que 2°C para evitar congelamiento de agua en cañerías o piso de galerías.
- La temperatura debe ser tal que produzca una sensación térmica confortable, lo cual depende también de la humedad y velocidad del aire o "brisa".
- Dependiendo de la condición geográfica y/o estacional se puede requerir calentar o enfriar el aire de ventilación.

# Temperatura

- La temperatura al interior de una mina subterránea depende de varios factores:
  1. Temperatura del aire exterior
  2. Calentamiento por compresión del aire durante descenso a la mina
  3. Temperatura de la roca
  4. Procesos endotérmicos
  5. Procesos exotérmicos
  6. Intensidad de la ventilación

## Aumento de temperatura por compresión

- La temperatura de los gases aumenta si aumenta la presión ( $PV = nRT$ )

$$T = T_0 + \frac{k-1}{kR} H$$

- En el caso del aire se tiene que la presión atmosférica es inversamente proporcional a la altura sobre el nivel del mar.

$$k(\text{indice}_{\text{adiabatico}}) = 1,41$$

$$R(\text{cte}_{\text{gases}}) = 29,27$$

- A medida que profundizamos en una mina la presión atmosférica aumenta, por lo tanto también lo hace la temperatura.

$$T = T_0 + 0,0098H$$

- Por este efecto, la temperatura aumenta a razón de  $1^{\circ}\text{C}$  por cada 100m de profundidad o  $10^{\circ}\text{C}$  cada 1 Km.



## Temperatura de la Roca

- La temperatura de la roca en la capa superficial (20 a 40m bajo la superficie) se correlaciona con la temperatura del aire en el exterior.
- Bajo la capa superficial está la zona geotérmica, en que la temperatura de la roca no tiene correlación con la temperatura exterior.
- En la zona geotérmica, la temperatura de las rocas asciende a medida que nos acercamos al centro de la tierra.

## Gradiente Geotérmico

Se define como la diferencia de temperatura por unidad de profundidad (en la zona geotérmica)

- Varía entre 1 y 5 °C por cada 100m.
  - Menos de 300m de profundidad: 2°C/100m
  - Menos de 1000 m de profundidad: 3°C/100m
  - 1000 a 2500m de profundidad: 4,5°C/100m



## Velocidad del aire

- El rendimiento aumenta con la velocidad del aire ya que un trabajador puede eliminar de mejor forma el calor al medio externo.
- A mas de 5 m/s no hay mayor influencia práctica.

## Atmósfera en mina a cielo abierto



## Polvo en la mina

- Las partículas de polvo de carbón y polvo de roca son agentes contaminantes con un alto grado de peligrosidad en sus efectos

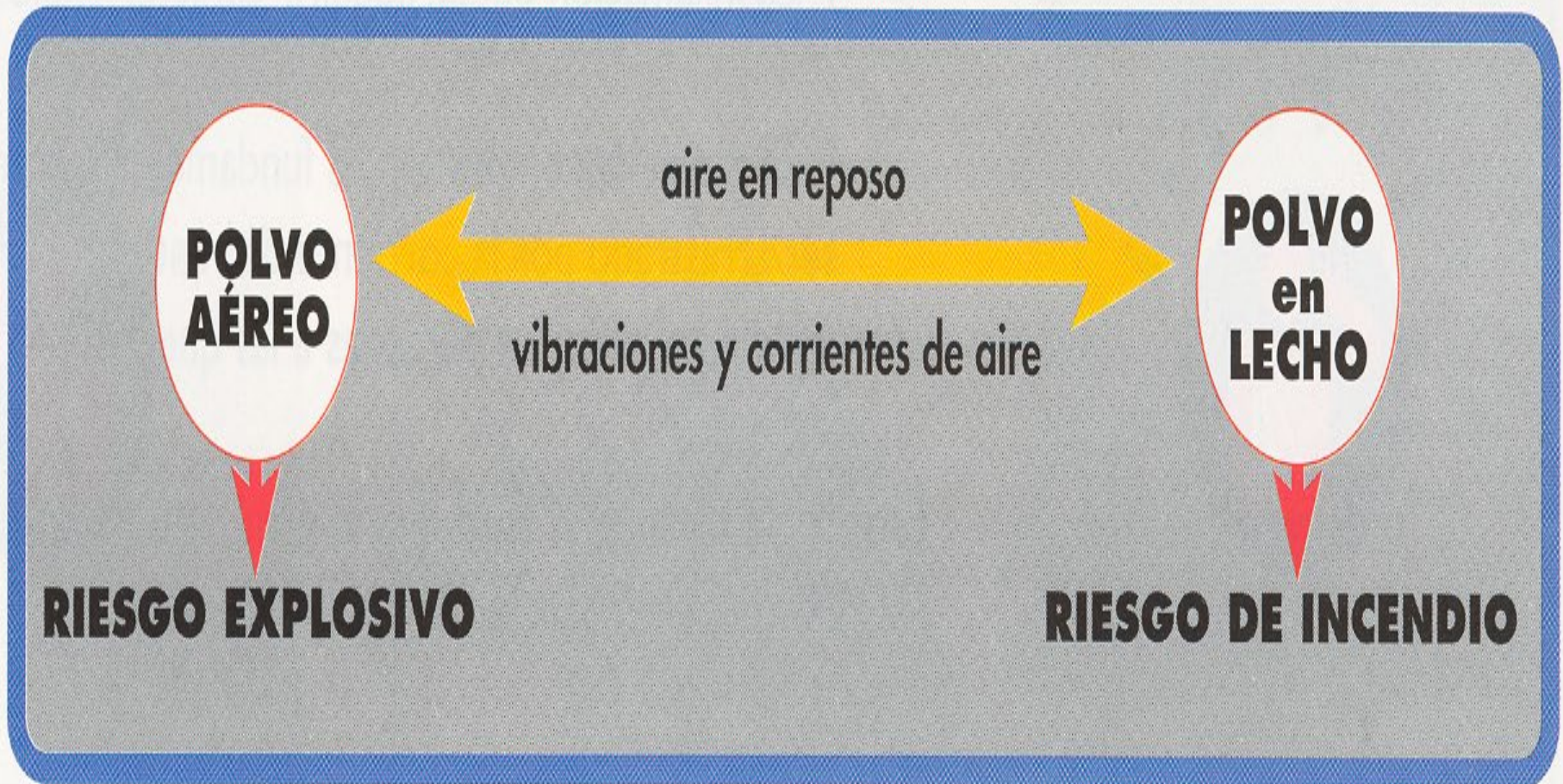


## Polvo de carbón

- Es inflamable y produce un doble efecto
  - La inflamación puede adquirir carácter explosivo
  - El gas de la combustión es fundamentalmente CO que, al ser arrastrado por la corriente de ventilación, produce intoxicación a todas las personas a las que afecta
- Se presenta en dos formas
  - Polvo en suspensión aérea. Riesgo de explosión
  - Polvo en el lecho. Riesgo de incendio



## Riesgos del polvo de carbón



## Polvo de carbón (ITC 04.1.01). Clasificación de la mina de carbón o cuartel con polvos explosivos

	CONTENIDO EN MATERIAS VOLÁTILES
MINA O ZONA CLASIFICADA COMO GRISUOSA	$> 12\%$
MINA O ZONA CLASIFICADA SIN GRISÚ	$> 16\%$

# Cómo se combaten los riesgos del polvo de carbón

- En actuaciones sobre el polvo combustible.
  - Limitando su existencia (limpiezas periódicas, aspiraciones, etc.).
  - Transformando el polvo en incombustible por vía húmeda (barros).
- Actuaciones sobre la concentración de  $O_2$ , añadiendo un gas inerte como el  $N_2$  o el  $CO_2$ .
- Actuación sobre los focos de ignición.

## Polvo de roca

- Omnipresente en el ambiente en todas las actividades de la industria extractiva.
- Está constituido por partículas de muy diverso tamaño.
- Cuando se respira, antes de llegar a los pulmones, pasa por una serie de filtros como son los conductos nasales y los conductos pulmonares.
- Las partículas que evitan el sistema de defensa del aparato respiratorio son las que su granulometría viene definida por la Curva de Johannesburgo.
- El polvo de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) es el más agresivo.

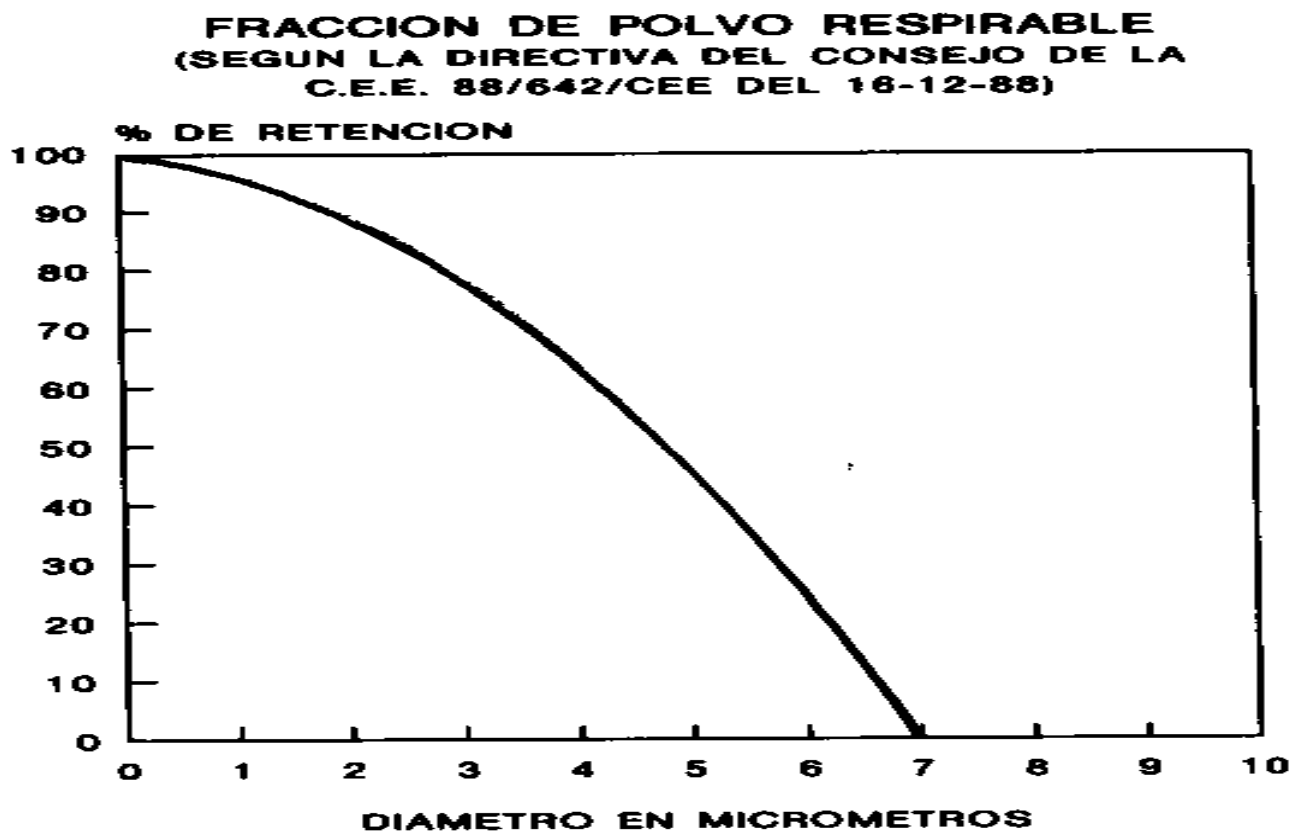
## Polvo de roca. Lesiones que produce en el sistema respiratorio

- Lesiones sobre vías respiratorias superiores: laringitis y faringitis
- Alteraciones bronquiales
- Fibrosis pulmonar, lesiones arteriales y lesiones infecciosas
- Silicosis ( $\text{SiO}_2$ )
- Neumoconiosis ( $\text{SiO}_2$  + polvo de carbón)

## Polvo de roca

- Dos FACTORES para definir la clasificación:
  - PESO DEL POLVO RESPIRABLE en  $\text{mg}/\text{m}^3$
  - PORCENTAJE DE SÍLICE LIBRE ( $\text{SiO}_2$ )
- Polvo respirable es la fracción de la nube total de polvo existente en el ambiente capaz de pasar por un ciclón de unas dimensiones. Esta fracción es capaz de alcanzar los alvéolos pulmonares
- Este polvo, así definido, incluye el 98 % de las partículas de  $1\mu$  de diámetro, el 75 % de las de  $3,5\mu$ , el 50 % de las de  $5\mu$  y ninguna por encima de  $7\mu$  (Curva de Johannesburgo)

## Curva de Johannesburgo



## Polvo de roca. Clasificación de labores respecto al polvo respirable (ITC 04.8.01)

GRUPO	PORCENTAJE SiO <sub>2</sub> LIBRE		
	<b>A</b> <10%	<b>B</b> 10 - 30%	<b>C</b> >30%
CLASE	mg/m <sup>3</sup> PESO DEL AIRE RESPIRABLE		
I	<6	<3	<2
II	6 - 10	3 - 6	2 - 3
III	>10	>6	>3

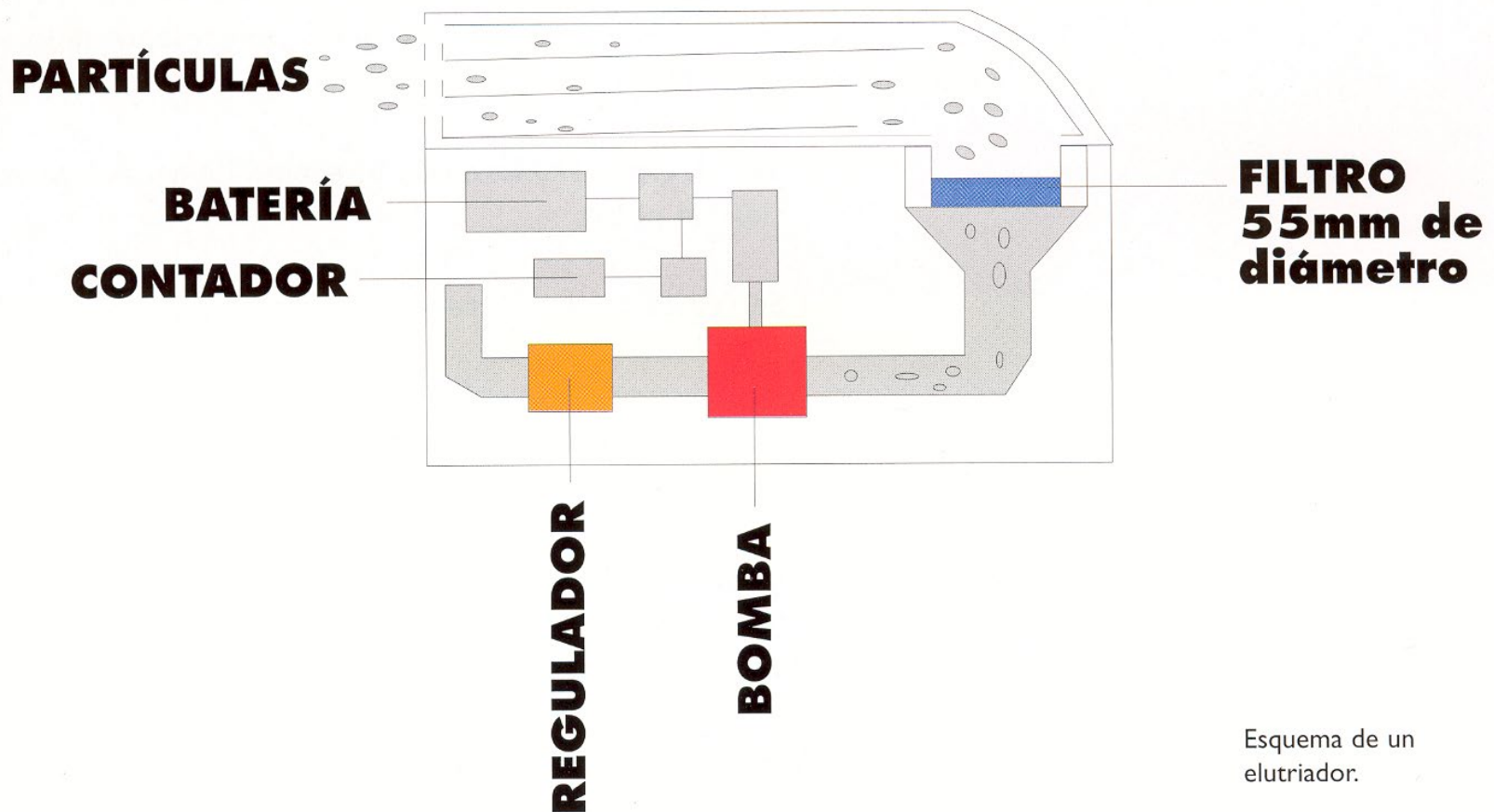
# Clasificación de las labores mineras de interior respecto al polvo de roca

- CLASE I
  - Se considera labor sin riesgo.
  - Se aconseja utilizar medidas de prevención
  
- CLASE II
  - Aplicar sistemas de seguridad adecuados para reducir los índices obtenidos
  - Como máximo 180 jornadas efectivas anuales. Resto en I
  
- CLASE III
  - Medidas de prevención inmediatas. Dar cuenta a la autoridad que informará sobre medidas y plazos
  - No superar las 150 jornadas efectivas anuales. Resto en I

## Medición del polvo respirable

- Mediante un aparato aspirador llamado **elutriador**
- Absorbe 2,5 litros de nube de polvo por minuto a velocidad constante. Pasa a través de placas horizontales donde se sedimentan las partículas gruesas
- El polvo respirable queda depositado en un filtro que se analiza posteriormente
- En talleres no mecanizados se sitúa a menos de 15 m del último trabajador en el sentido de la ventilación.
- En los mecanizados a menos de 15m del final del recorrido de la máquina
- En fondos de saco a menos de 5 m del puesto

# Medición del polvo respirable. Esquema de un elutriador





## Medición del porcentaje de sílice libre ( $\text{SiO}_2$ )

- Se calcula por aparatos que toman muestras de polvo ambiental en:
  1. Talleres de explotación
  2. Labores en fondo de saco
  3. Estaciones de transbordo de cribas, machacadoras, trituradoras y puestos de trabajo aislados

# Medidas preventivas en la lucha contra el polvo (I)

## 1. Técnicas

- Limitar la cantidad de polvo en las entradas de ventilación
- Ventilación suficiente para reducir las concentraciones de polvo a los límites reglamentarios. No provocará la puesta en suspensión del polvo depositado en la galería
- Barrenos con inyección de agua o aspiración de polvo
- Retacado de barrenos con materiales exentos de  $\text{SiO}_2$
- En la carga de escombros provenientes de una pega se regará de forma eficaz
- En puntos de carga, descarga, trasvase, se tomarán medidas tales como absorber el polvo con campanas



# Medidas preventivas en la lucha contra el polvo (II)

## 1. Técnicas

- Se consolidará el polvo depositado utilizando sales higroscópicas
- Se inyectará agua en el carbón y se humedecerá el relleno
- Se utilizarán equipos de protección individual (EPI) específicos para la lucha contra el polvo.

## 2. Médicas

- Examen médico previo a la admisión del trabajador
- Reconocimientos médicos periódicos

# Límites de polvo respirable en canteras

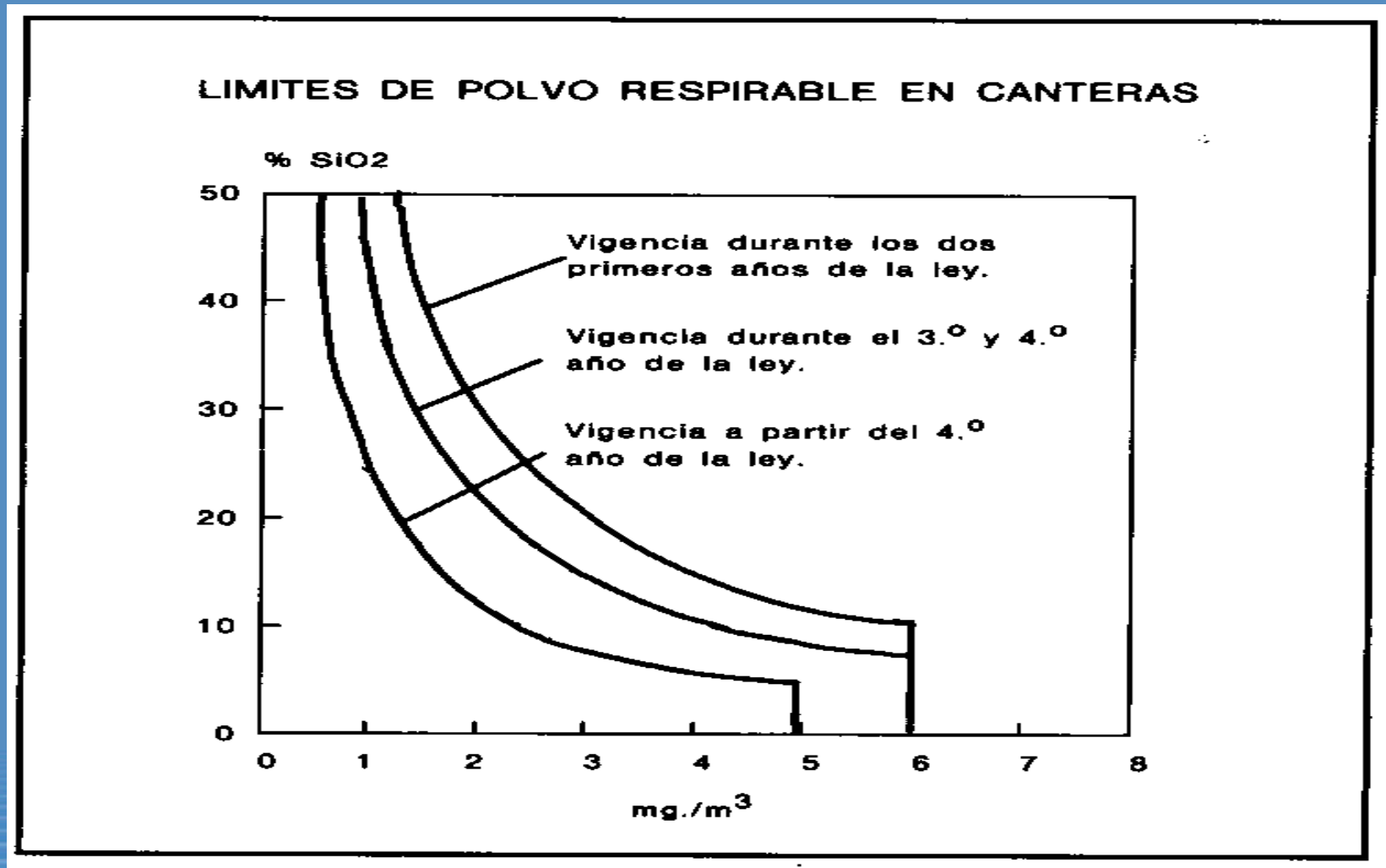
## ITC 07.1.04

- La duración de la toma de muestras de polvo debe comprender toda la jornada de trabajo.
- Las concentraciones de la fracción respirable del polvo no podrán sobrepasar el valor límite  $V_L$  medido o calculado para un período de referencia de 8 horas de exposición.
- El valor  $V_L$  se calculará en función del porcentaje (Q) de sílice libre según:

$$V_L = 25/Q$$

y no podrá ser superior a  $5 \text{ mg/m}^3$

# Límites de polvo respirable en canteras





# Principios de la ingeniería de control

1. Prevención:
  - modificar operaciones o mejorar practica
  - Reducir formación de gases o polvo
2. Remover o eliminar
  - Limpiar labores
  - Depuración del aire con colectores de polvo
3. Suprimir o absorber (con agua)
  - Infusión con agua o vapor previo al arranque (polvo)
  - Apaciguamiento con rociado de agua o espuma
  - Tratamiento de polvo asentado con productos químicos delicuescentes
4. Contener o aislar (encerrar la fuente)
  - Voladura aislada o con personal afuera
  - Encerramiento de operaciones generadoras de polvo
  - Sistema de aireamiento local
5. Diluir o reducir
  - Dilución local por ventilación auxiliar
  - Dilución por corriente de la ventilación principal

**Cualquier esfuerzo en controlar el material particulado antes que llegue a formar suspensiones áreas es mas económico y simple tanto en superficie como en interior mina.**

## Captador de polvo en una perforadora





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



## Riego de pistas en minas a cielo abierto



# Perforación con inyección de agua





POLITÉCNICA

"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL



Universidad Politécnica de Madrid



## Dudas y preguntas

