

# Ventilación de minas



**Vasu Gangrade, M.S.**

**Subdivisión de Incendios y Explosiones**

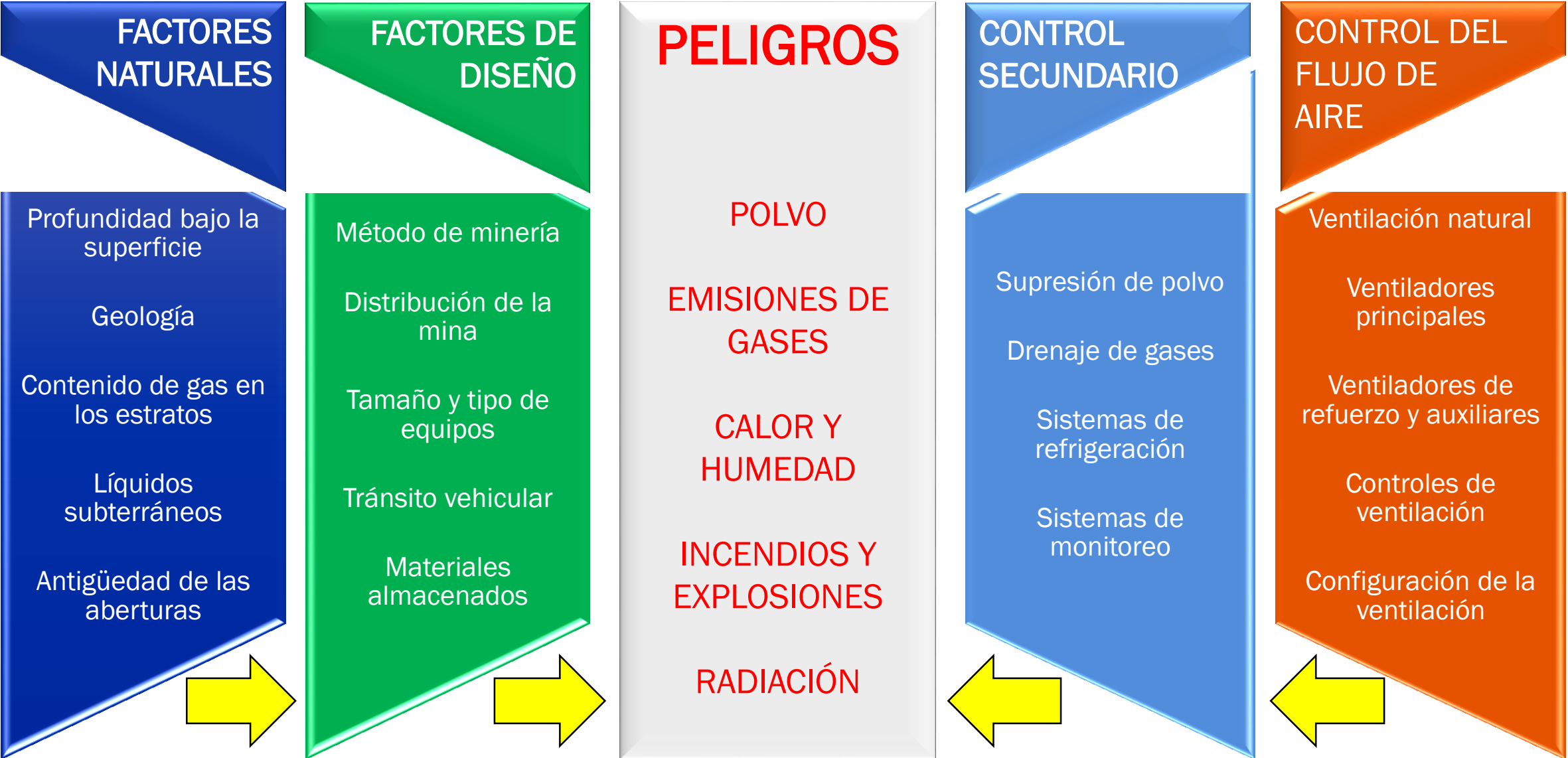
**División de Investigaciones de Minería de  
Pittsburgh**



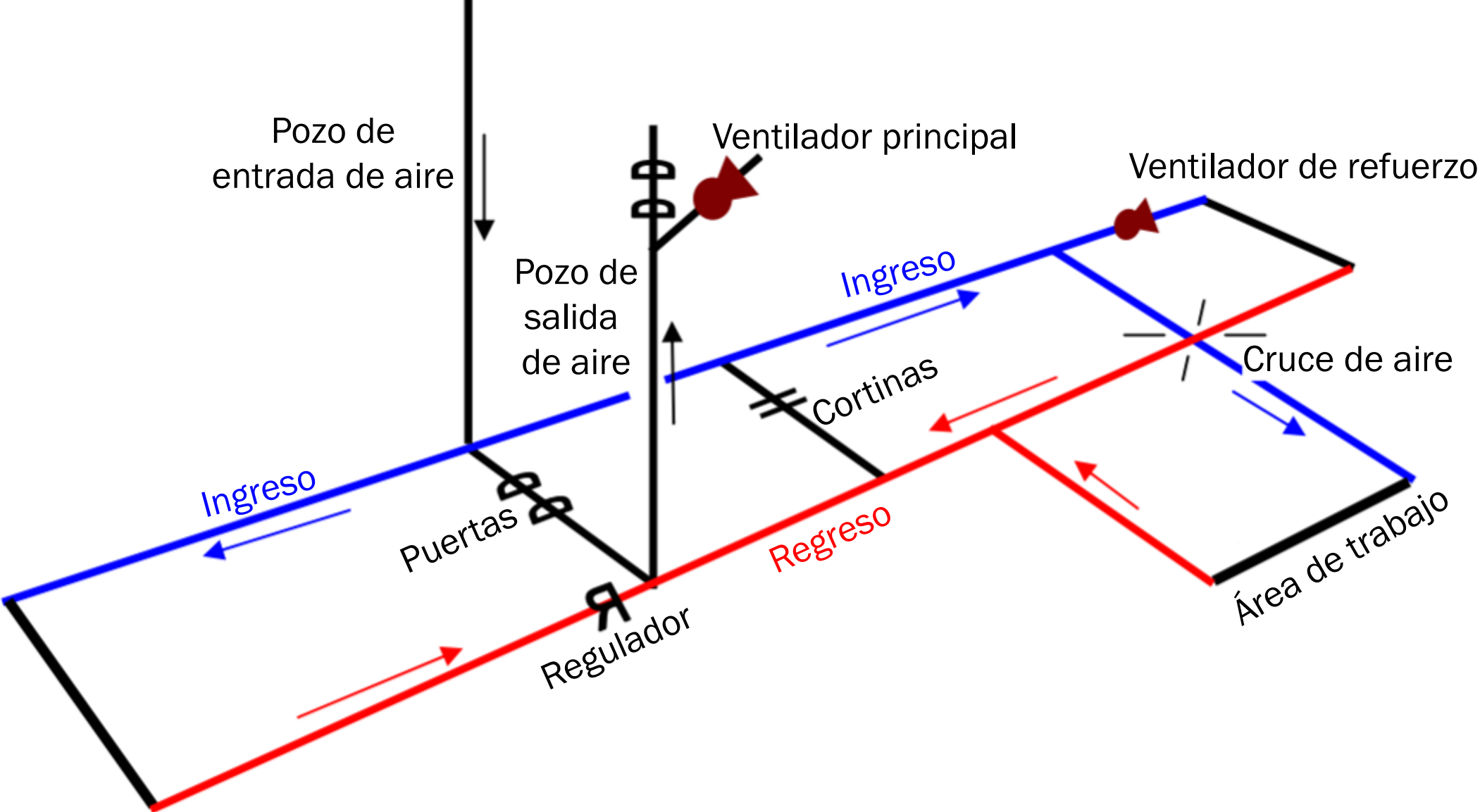
# Ventilación de minas

- La ventilación de minas subterráneas proporciona a las áreas de trabajo subterráneas un flujo de aire con un volumen suficiente para diluir y eliminar el polvo y los gases nocivos (por lo general, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, metano, CO<sub>2</sub> y CO) y regular la temperatura.
- Para mantener una ventilación adecuada durante la vida de la mina, es fundamental planificar la ventilación cuidadosamente.
- La planificación de la ventilación implica tener en cuenta dos factores principales:
  1. *el volumen total de la tasa de flujo de aire que se requiere en la mina, con distribución satisfactoria y económica;*
  2. *la presión que requieren los ventiladores de la mina.*
- Un sistema de ventilación bien diseñado debe ser eficiente, flexible y económico.

# Factores que afectan las minas subterráneas

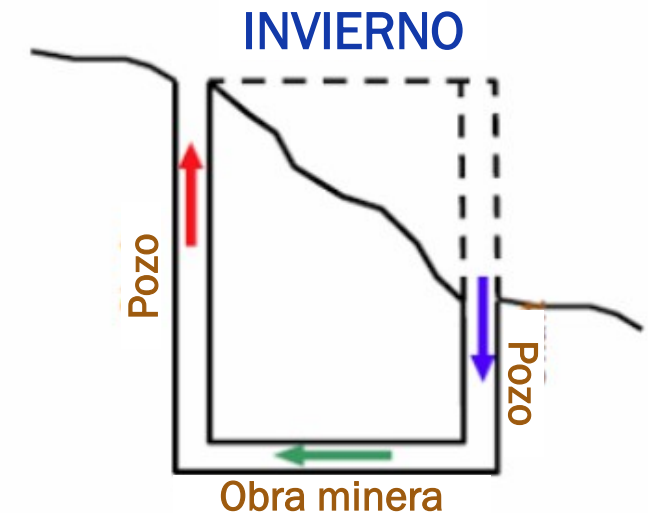
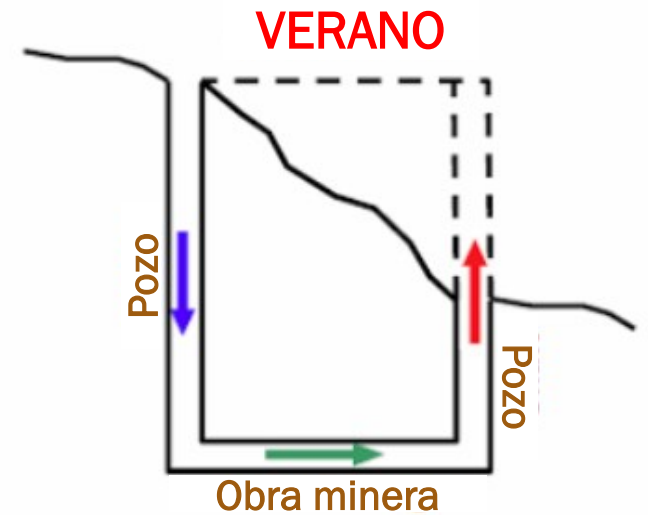


# Elementos de un sistemas de ventilación



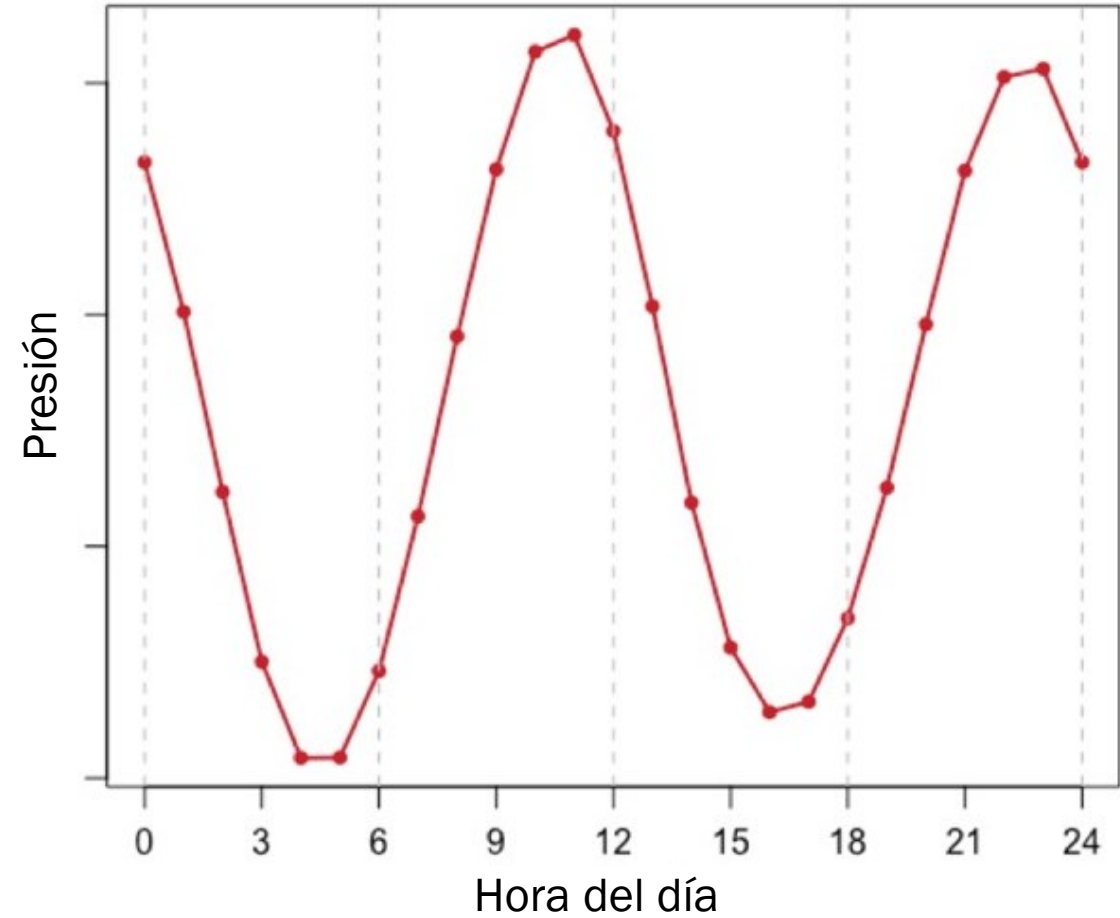
# Ventilación natural

- El aire siempre fluirá desde las regiones de alta presión hacia las de baja presión.
- La ventilación natural es muy variable y no es controlable.
- Fluctúa a diario y, ciertamente, por estación en los climas templados.
- Es más fuerte en invierno.
- Es más débil en verano.
- Está sujeta a cambios bruscos.



# Variación de la presión barométrica a lo largo del día

- Es sabido que los cambios en la presión barométrica son un factor que puede afectar las condiciones en las minas subterráneas.
- Las variaciones en la presión barométrica localizada a lo largo del día son provocadas por el calentamiento y el enfriamiento atmosférico regular.
- Cambio en la presión a lo largo del día: 400 pa (1.6 pulgadas de columna de agua)
  - Sistemas meteorológicos de alta y baja presión: 3400 Pa (13 pulgadas de columna de agua) en varios días.
  - Tormentas severas o frentes climáticos pasajeros: 6800 Pa (27 pulgadas de columna de agua) en pocas horas.



(gráfica representativa)

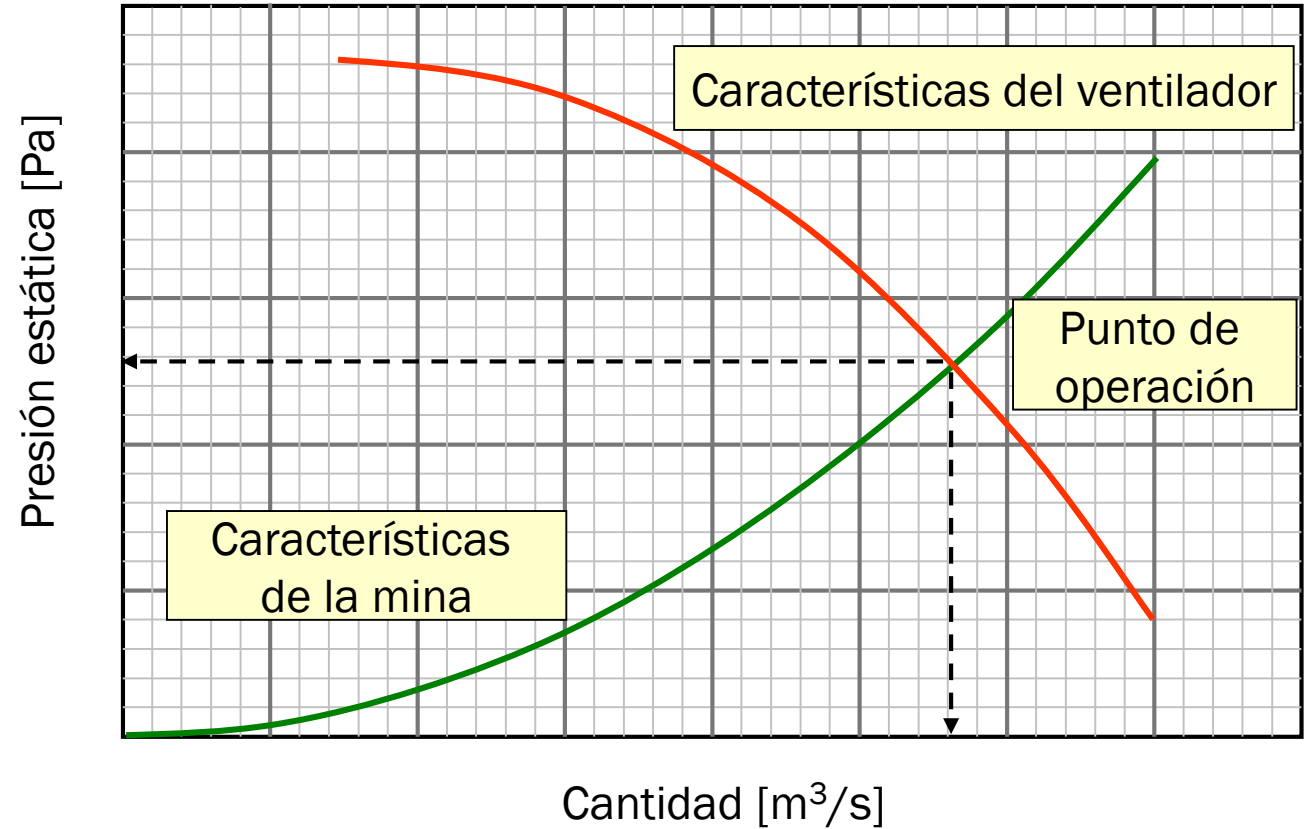
# Ventiladores de minas

- Los ventiladores de minas son dispositivos mecánicos que crean una diferencia de presión en los ductos o conductos de aire provocando la circulación del aire.
- **Ventilador de flujo axial:** el aire pasa por el ventilador siguiendo la trayectoria del flujo (que está alineada con el eje de rotación del rotor) sin modificar su dirección macro.
  - Baja presión, alto flujo de aire
  - Relativamente más ruidoso
  - Compacto
- **Ventilador centrífugo:** el flujo ingresa al rotor en dirección axial y sale en dirección radial.
  - Funcionamiento de alta presión
  - Robusto
  - Relativamente silencioso
  - Puede funcionar en paralelo sin generar inestabilidad
  - Relativamente costoso



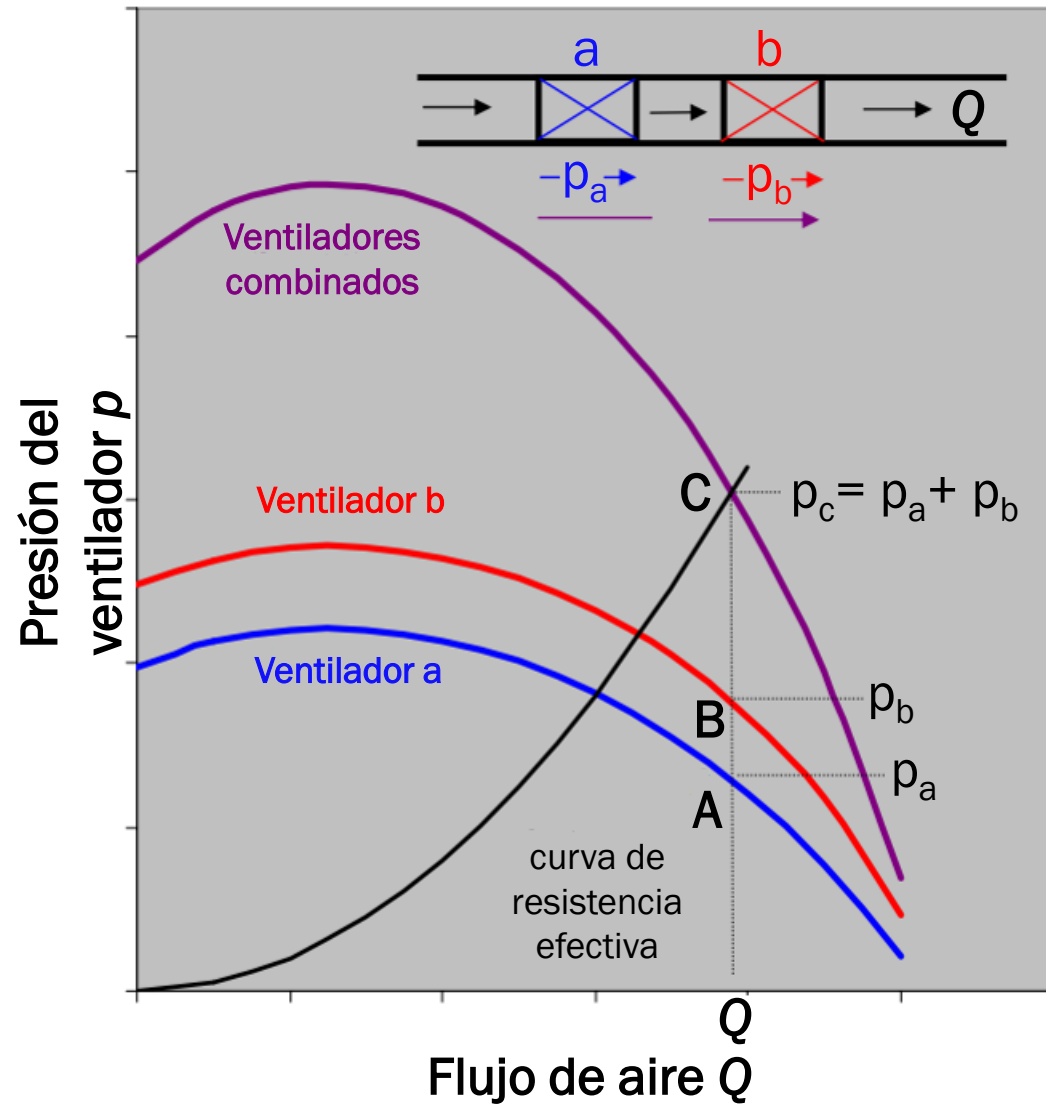
# Selección del ventilador

- La elección de un ventilador de mina depende de los siguientes factores:
  - *Requisitos de presión y cantidad durante la vida de la mina.*
  - *Naturaleza del aire a recircular; densidad, humedad, temperatura, etc.*
  - *Tipo y capacidad de la fuerza o el eje motriz disponibles.*
  - *Requerimientos de costos y presupuesto.*
  - *Requisitos de espacio y disponibilidad.*

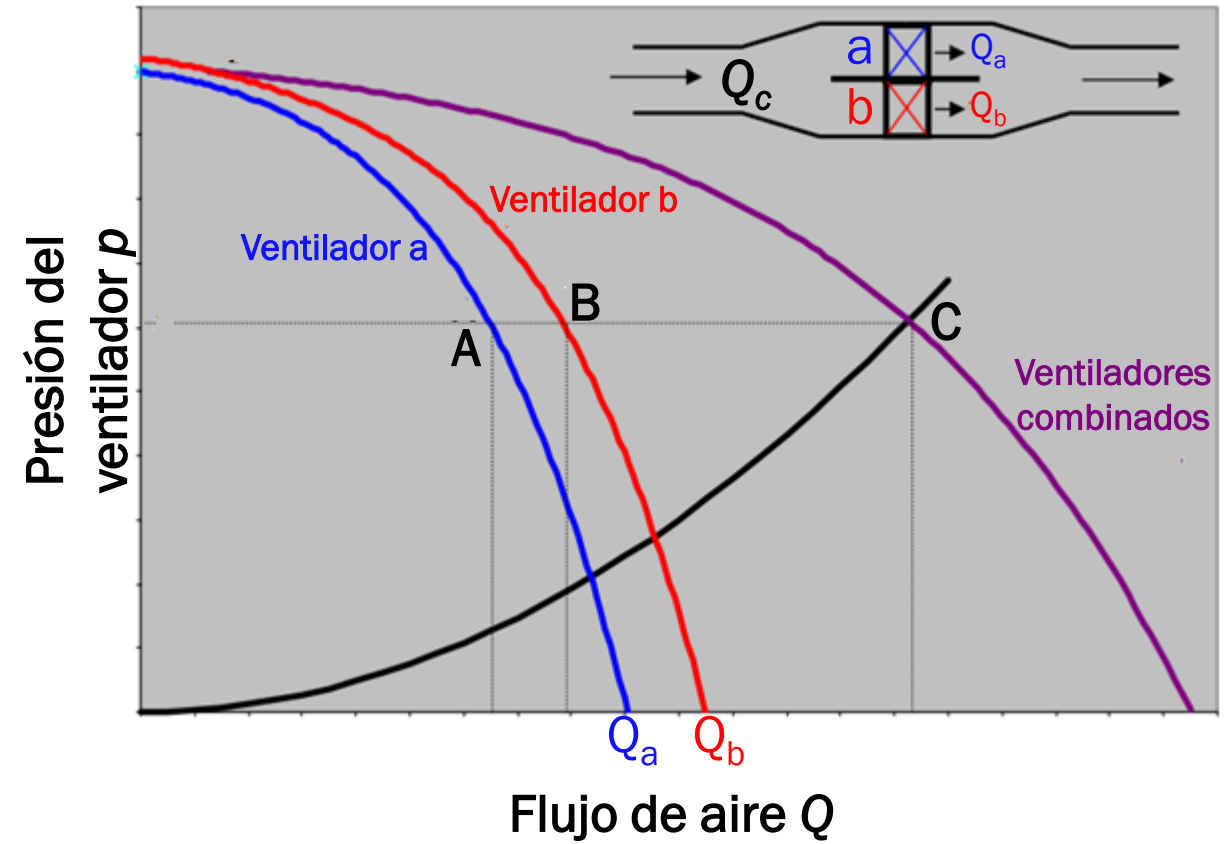




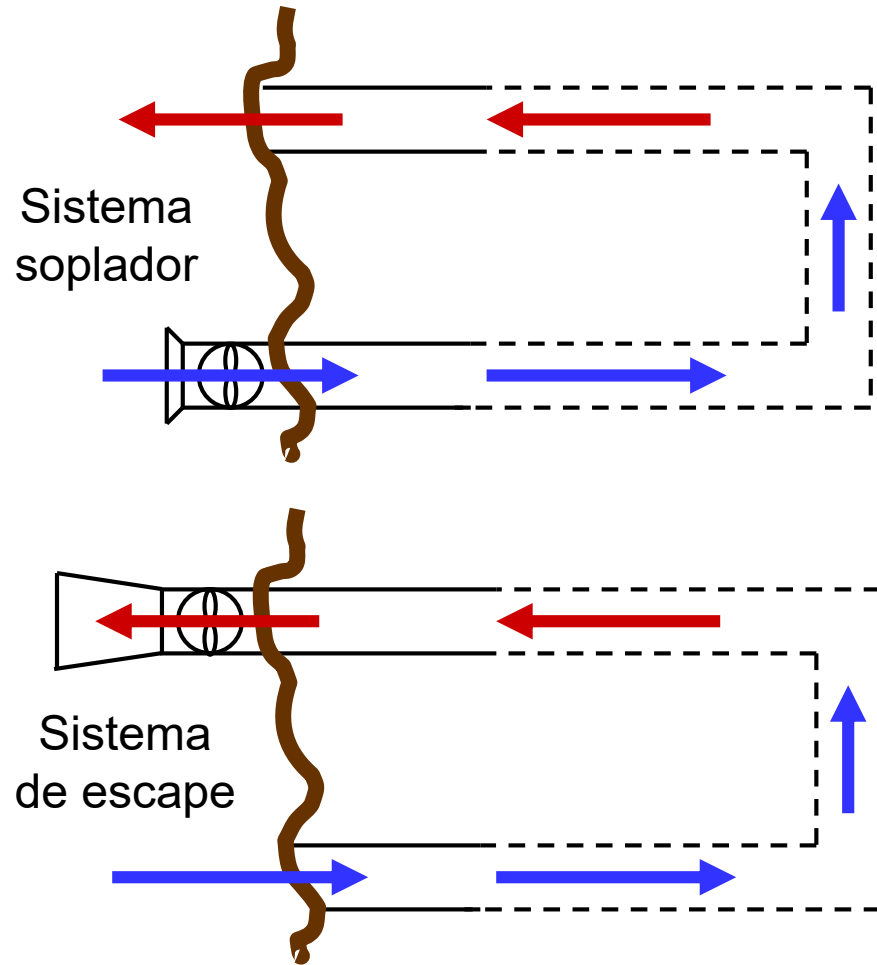
# Ventiladores en serie



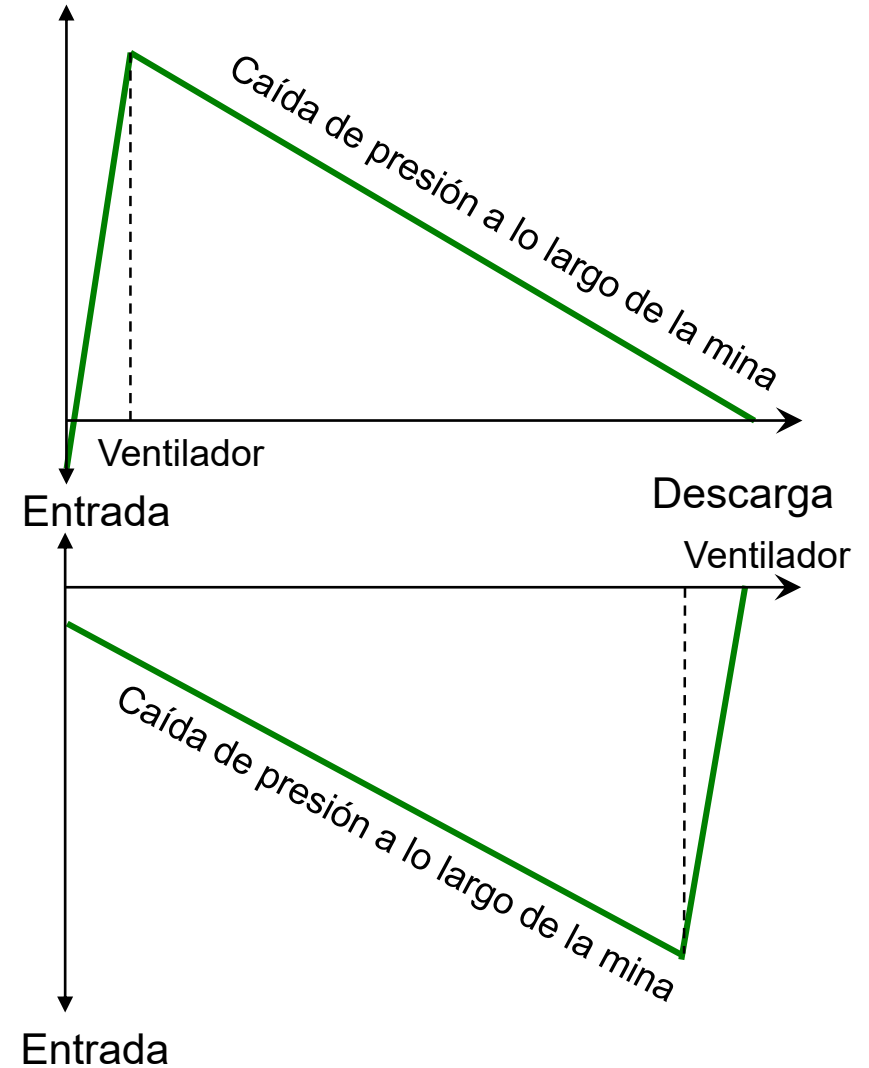
# Ventiladores en paralelo



# Sistema soplador frente a sistema de escape



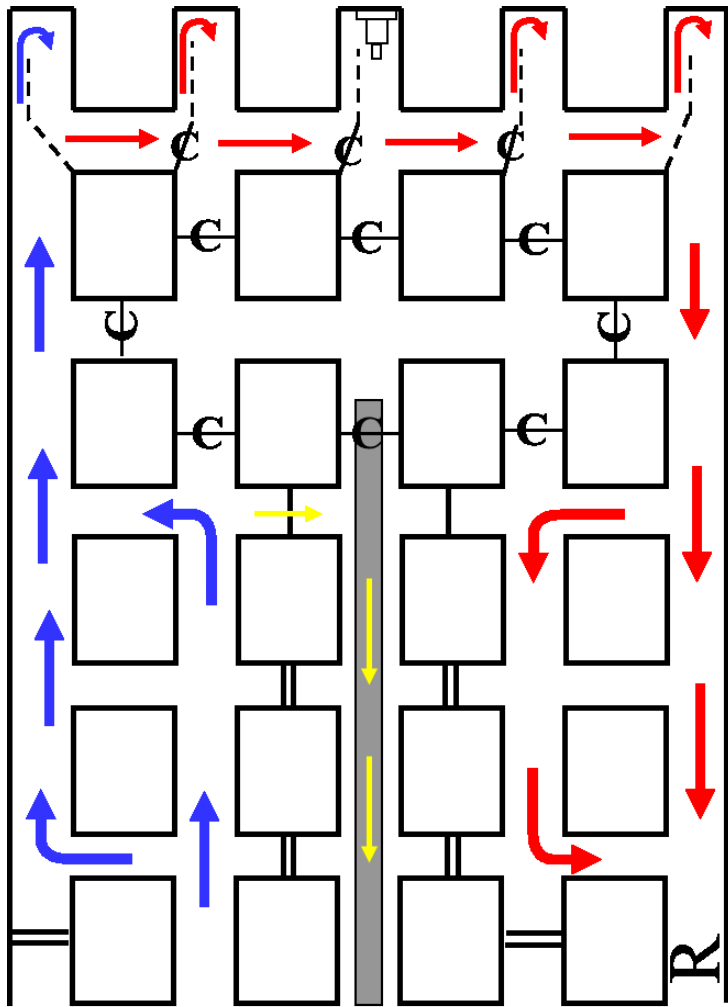
Presión estática



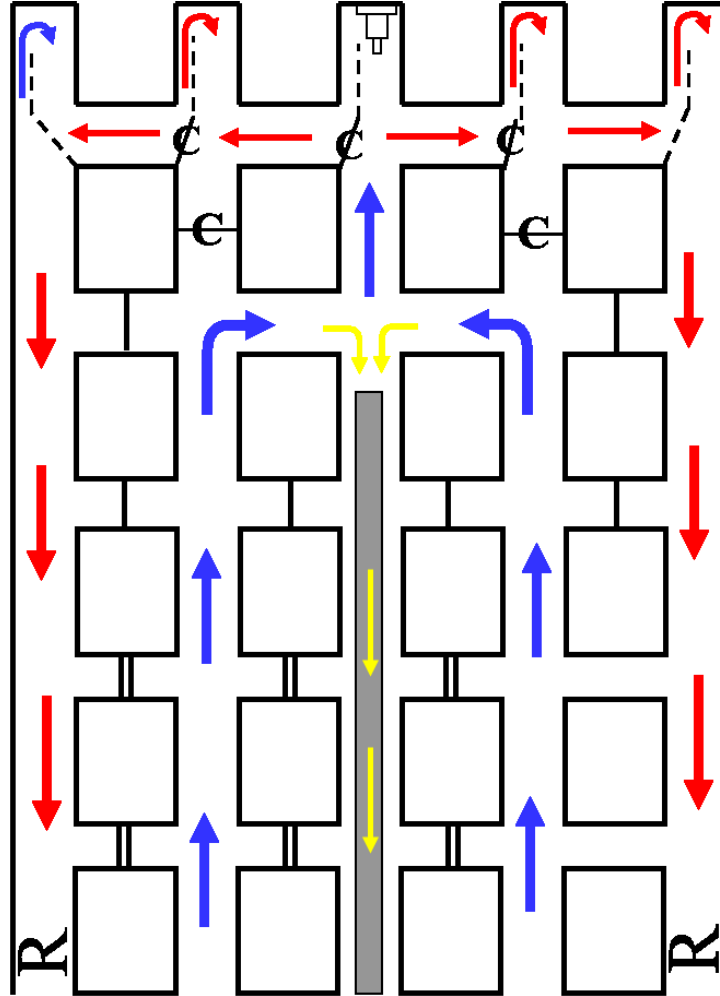
# ¿Ventilador soplador o ventilador de escape? ¿Cuál usar como ventilador principal?

Factor	Sistema soplador	Sistema de escape
<b>Control de gases</b>	<i>Puede causar problemas durante la detención del ventilador. Genera una rápida reducción en la presión</i>	<i>Es la mejor opción. La detención del ventilador de escape aumenta la presión.</i>
<b>Mantenimiento del ventilador</b>	<i>Utiliza aire fresco y, por lo tanto, requiere menos mantenimiento.</i>	<i>El polvo, las gotas de agua y otros contaminantes en el aire saliente corroen los rotores.</i>
<b>De transporte</b>	<i>Es preferible cuando el transporte se hace mediante conductos de aire de retorno y el pozo de salida de aire.</i>	<i>Es preferible cuando el transporte se hace mediante el pozo de entrada de aire.</i>
<b>Rendimiento del ventilador</b>	<i>Trabaja con aire más frío y más denso y, por lo tanto, utiliza menos volumen de aire para la misma diferencia de presión. Mayor resistencia y temperatura del aire debido a las rejillas de entrada.</i>	<i>El aire es más cálido y más ligero en comparación con el del ventilador forzado. Esto genera un mayor volumen de flujo de aire para la misma diferencia de presión.</i>

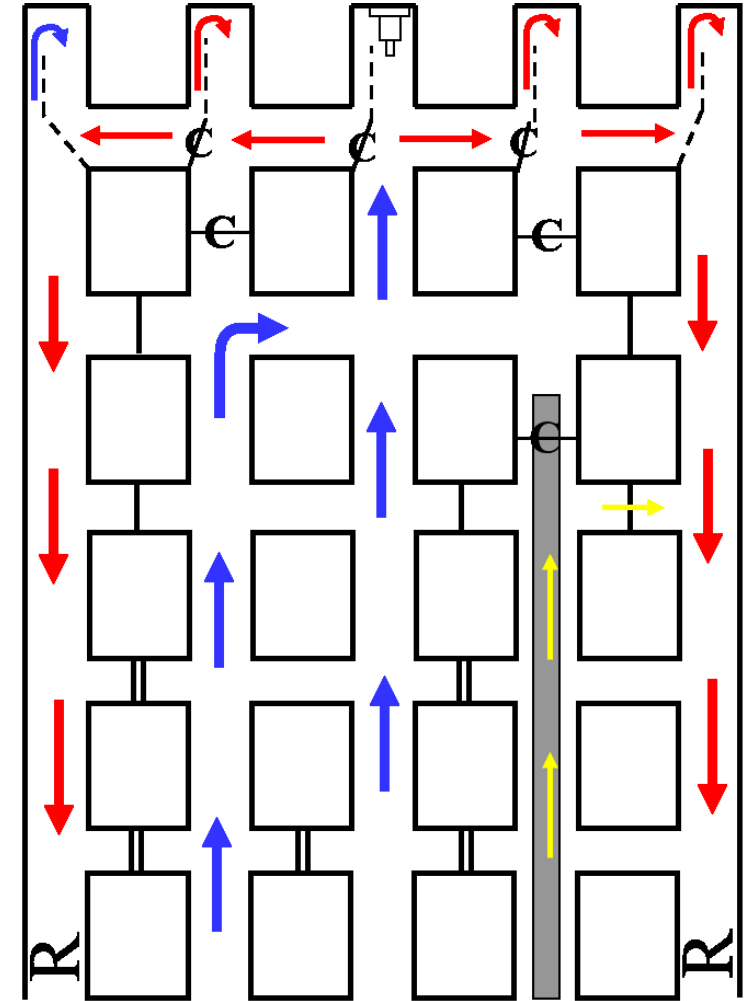
# Ventilación de una sección minera



Una división

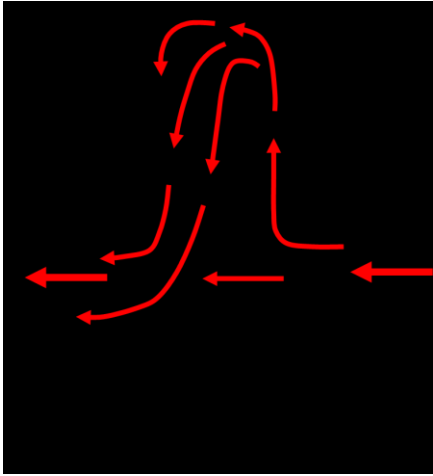


Dos divisiones  
Aire moviéndose  
hacia afuera



Dos divisiones  
Aire moviéndose  
hacia adentro

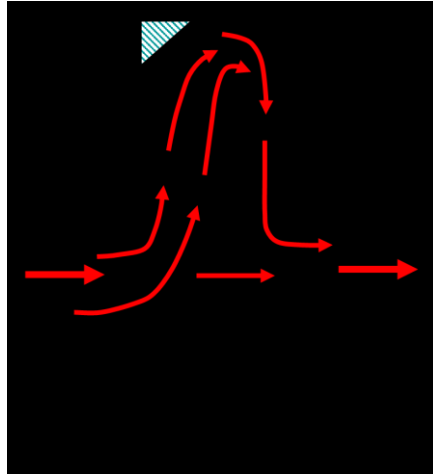
# Ventilación de una sección de desarrollo



## Soplador de tabique de ventilación

**Ventajas:** alta velocidad de entrada, diluye los gases.

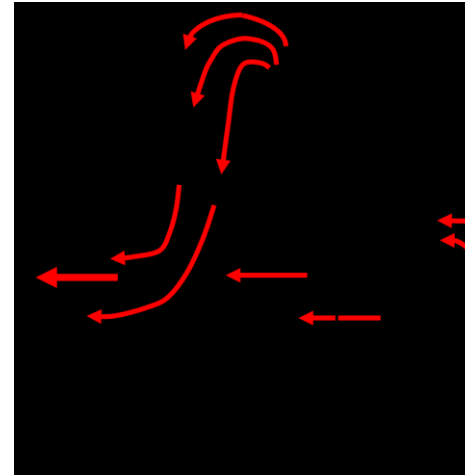
**Desventajas:** transporta el metano liberado a lo largo de la máquina, transporta el polvo al operador.



## Escape del tabique de ventilación

**Ventajas:** aleja el polvo del operador, aleja el metano de la máquina.

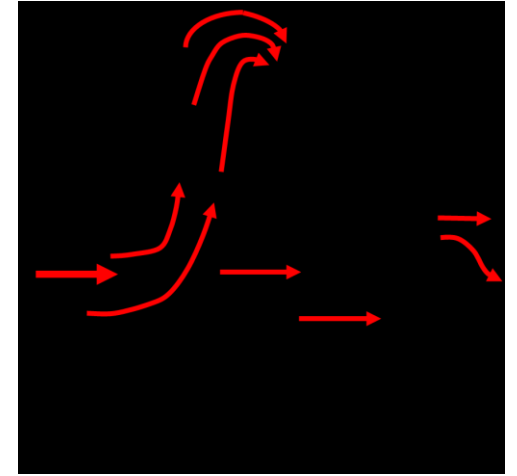
**Desventajas:** la dilución de metano es menos efectiva.



## Soplador del ventilador auxiliar

**Ventajas:** proporciona aire fresco y seco, es ideal para climas cálidos y húmedos.

**Desventajas:** demora mucho tiempo en eliminar el polvo y los gases de voladura, es peligroso para las personas que caminan o trabajan en la sección durante su funcionamiento.



## Escape del ventilador secundario

**Ventajas:** el aire contaminado se extrae directamente por el conducto, lo que permite que fluya aire fresco.

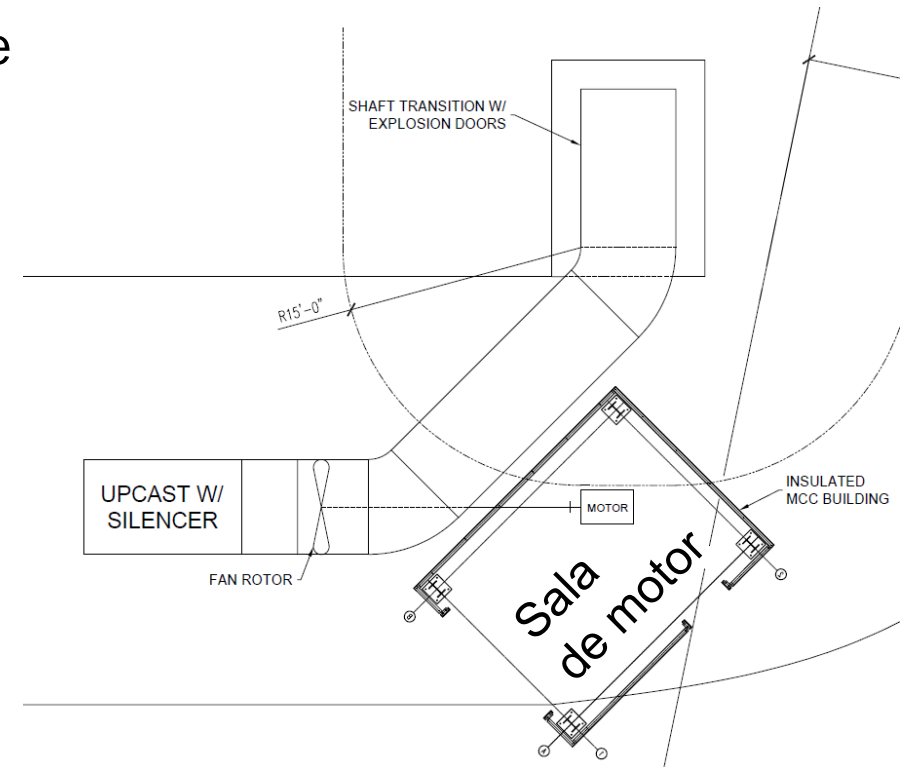
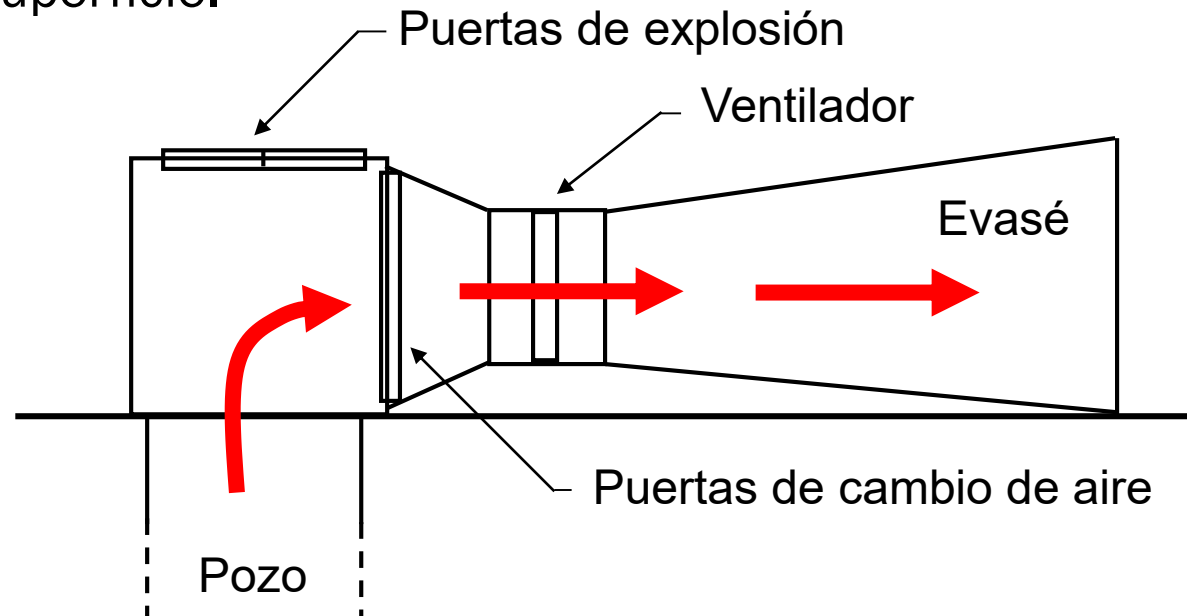
**Desventajas:** puede provocar la acumulación de metano si el ventilador se detiene, efectos corrosivos sobre el ventilador.

# Consideraciones prácticas

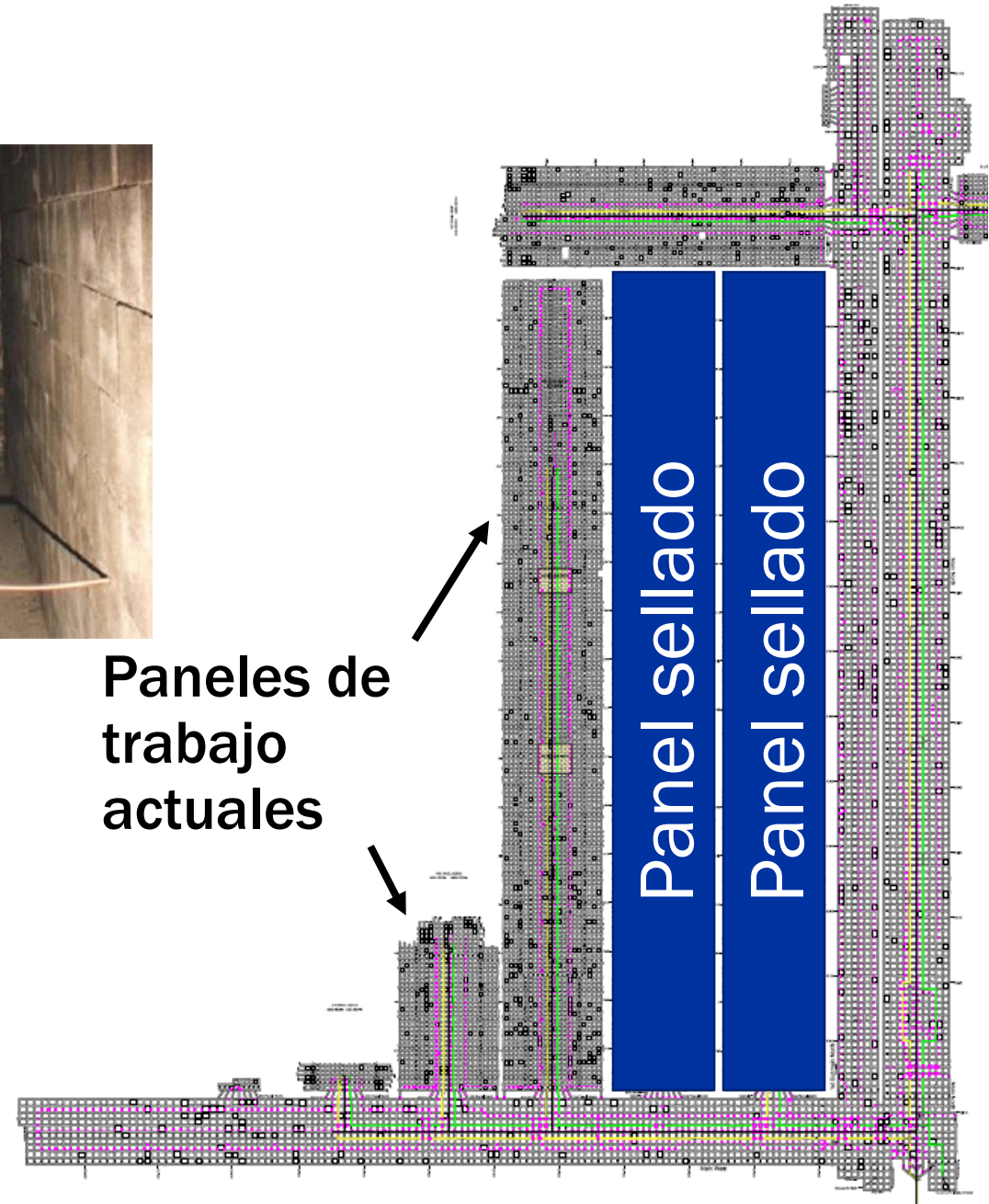
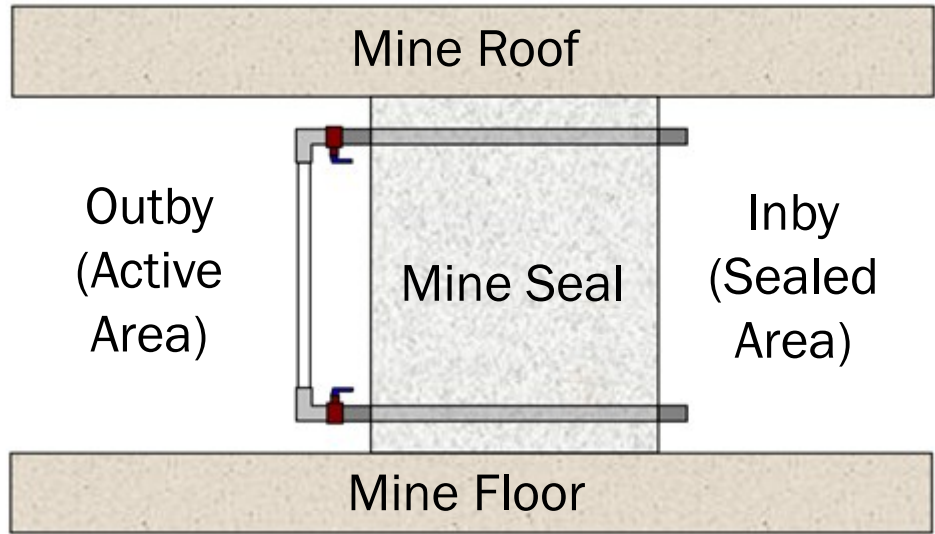
- Diseño de la carcasa del ventilador
- Sellar los paneles antiguos
- Crear un departamento de ventilación
- Mantener vías de escape primarias y secundarias
- Equipo de minería protegido contra explosiones
- Utilización de sistemas de monitoreo

# Diseño de la carcasa del ventilador

- El buen diseño de cimentación es muy importante para el rendimiento del ventilador, ya que depende directamente de la dureza de los sustratos.
- Para las aplicaciones de ventilador de escape, el motor debe estar ubicado fuera de la trayectoria del flujo de aire.
- El motor puede estar ubicado en un edificio separado.
- Se deben utilizar puertas de explosión para los ventiladores de superficie.



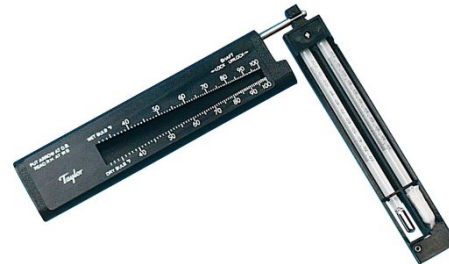
# Sellar los paneles antiguos





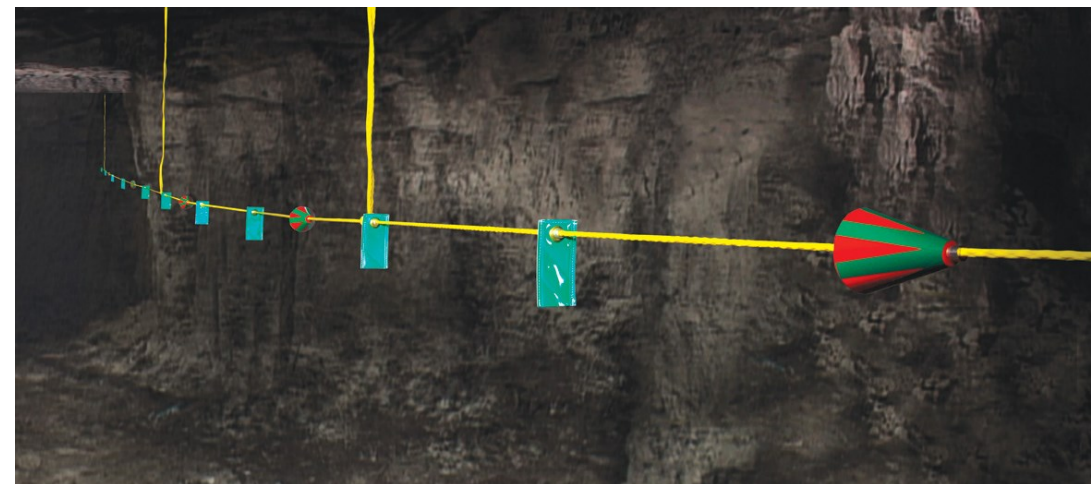
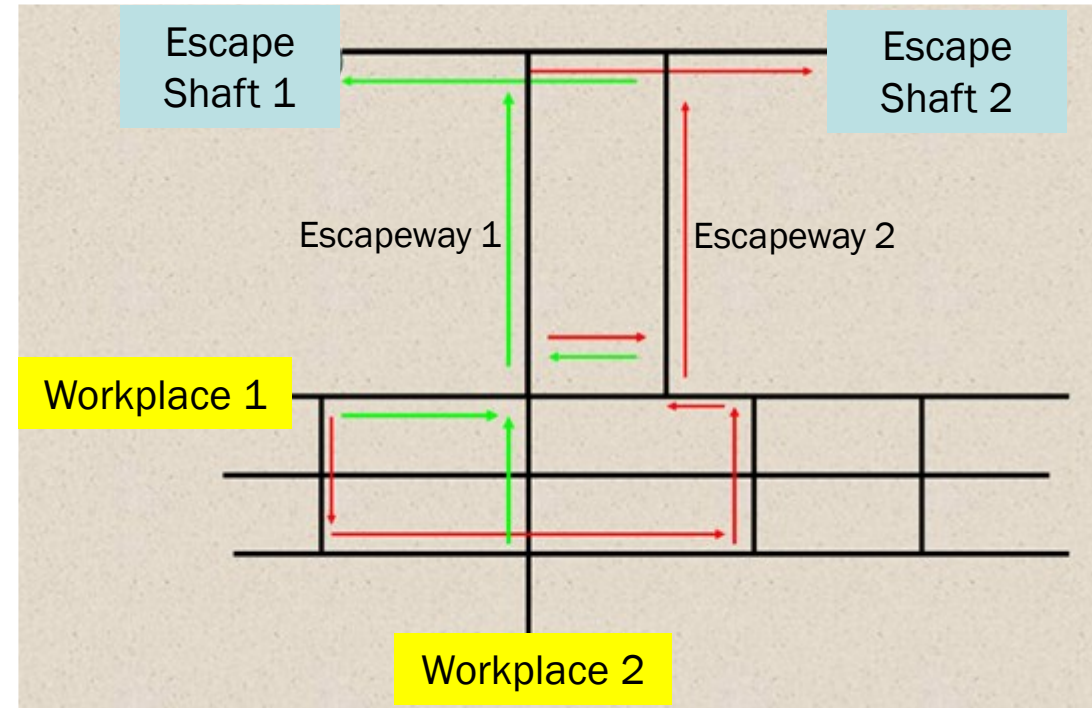
# Departamento de ventilación

- Crear un departamento de ventilación con un ingeniero especializado en ventilación y personal de asistencia especializado.
- Realizar estudios de ventilación en forma oportuna para determinar los problemas existentes en la mina y corregirlos mediante la optimización del sistema de ventilación de la mina.
- Mantener un inventario de los instrumentos de ventilación necesarios.
- Brindar capacitación a los trabajadores de minas subterráneas acerca de la importancia de la ventilación de la mina y enseñarles cómo obtener lecturas de aire y diferenciales de presión en los reguladores.
- Utilizar un modelo de simulación informático para predecir y planificar los cambios en la ventilación.



# Vías de escape primarias y secundarias

- Cada mina debe tener dos o más vías de escape a la superficie separadas y adecuadamente mantenidas desde los niveles más bajos, de modo tal que el daño de una no afecte la eficacia de las otras.
- La ventilación de estas vías de escape es muy importante.
- La vía de escape primaria en las minas de carbón suele ser la vía de acceso principal.
- La vía de escape secundaria suele ser la vía de desplazamiento.
- Las vías de escape deben tener cuerdas salvavidas, de modo tal que el minero pueda escapar incluso si la mina está llena de humo.
- Debe haber equipos de rescate (SCSR) ubicados a lo largo de la ruta de escape.



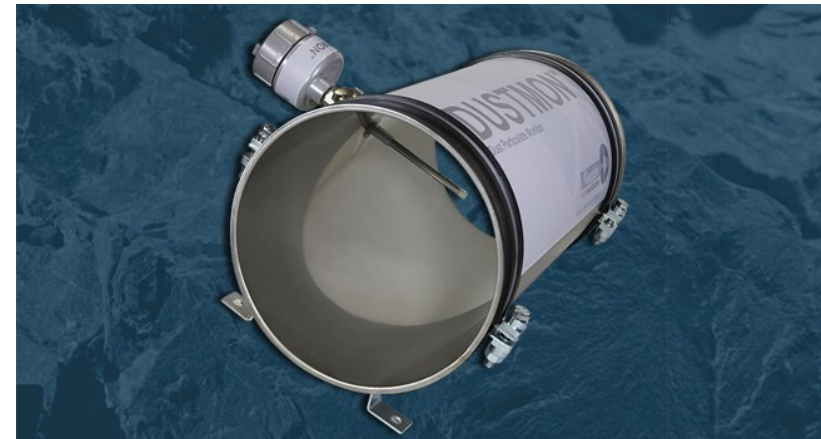
# Equipo de minería protegido contra explosiones

- Equipo diseñado, fabricado e instalado para garantizar que no causará incendios ni explosiones en una mina.
- Minimiza la posibilidad de que los equipos eléctricos y electrónicos generen una ignición mientras están funcionando en una ubicación peligrosa.
- Especialmente en minas de carbón con metano y polvo de carbón.
- Estados Unidos: equipo aprobado por la MSHA.
- Internacional: grupo de equipos I destinados a ser utilizados en partes subterráneas de las minas.

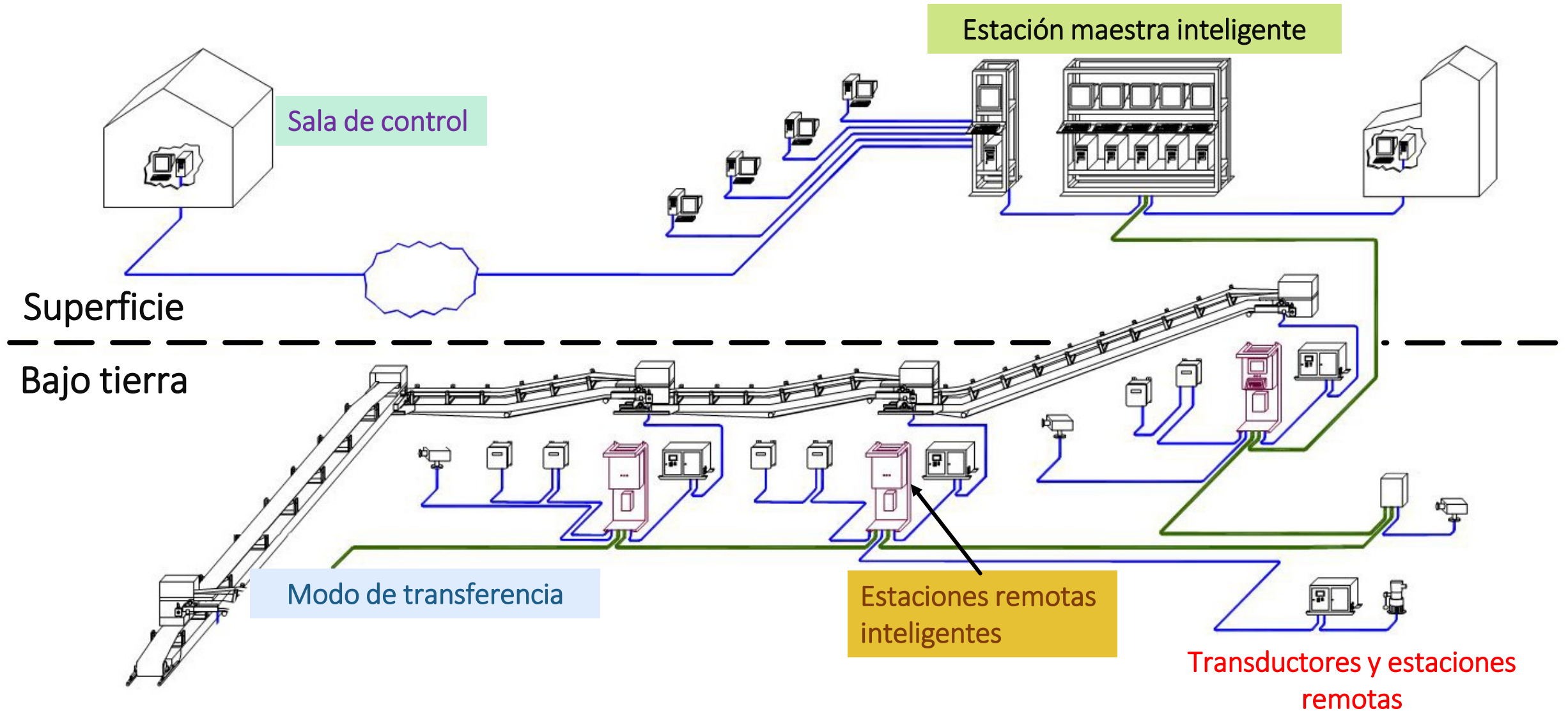


# Sistemas de monitoreo

- Miden y evalúan la calidad y la cantidad del aire en la mina para desarrollar estrategias a fin de controlar los posibles riesgos de incendio.
- Cumple tres funciones: detección, transmisión de datos y procesamiento de datos (registrar, analizar y mostrar).
- La detección temprana de incendios le permite al operador de la mina proteger su inversión inicial al prevenir pérdidas de producción y de vida de los mineros.
- Determina la situación operativa de los ventiladores, las correas y otras máquinas de minería y garantiza que se utilicen de manera segura y eficiente en un entorno seguro.



# Sistemas de monitoreo



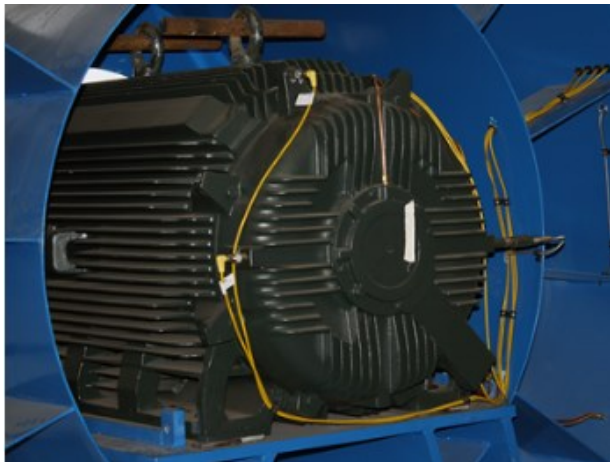
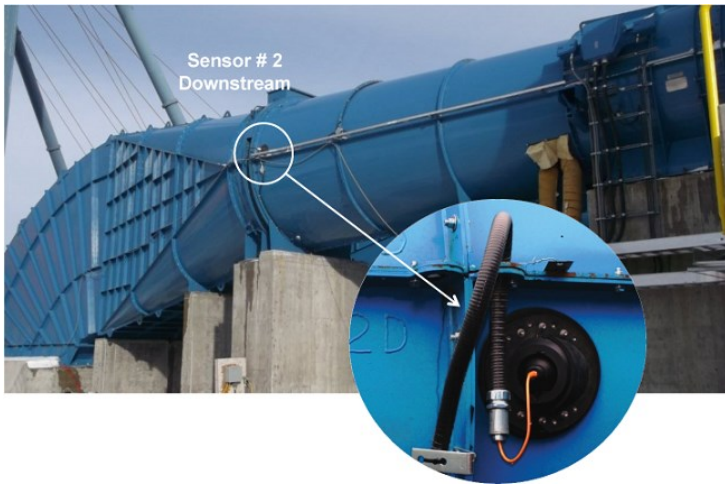
# Monitoreo atmosférico

- La minería es de naturaleza dinámica; la multiplicidad de parámetros que interactúan puede favorecer o perjudicar la situación ambiental de la mina.
- Incluye el monitoreo y la evaluación de las siguientes concentraciones de gas:
  - *Monóxido de carbono*
  - *Humo*
  - *Metano*
  - *Oxígeno*
  - *Dióxido de carbono*
  - *Calor (sensores térmicos)*
- La selección del monitor adecuado para un gas en particular requiere una evaluación exhaustiva sobre la base de la selectividad, la sensibilidad, el tiempo de respuesta, etc.



# Monitoreo del ventilador

- Es el proceso de medición de los factores operativos del ventilador para evaluar y predecir las condiciones de salud y seguridad de los ventiladores de superficie y de refuerzo.
- Incluye la medición y la evaluación de los siguientes factores:
  - *Vibración*
  - *Ruido*
  - *Temperatura del motor y el rodamiento*
  - *Presión barométrica*
  - *Energía eléctrica*
  - *Presión diferencial y flujo de aire*
- Un sistema de monitoreo adecuado y confiable es fundamental para una mina.



# ¡Gracias por su atención!

¿Tiene preguntas?

**Vasu Gangrade** [VGangrade@cdc.gov](mailto:VGangrade@cdc.gov) +1-412-386-5440

**Subdivisión de Incendios y Explosiones**

**División de Investigaciones de Minería de Pittsburgh**

Ellen, mi amor, te digo adiós por los dos. Elbert dijo que el Señor lo ha salvado. Todos rezamos por seguir respirando, pero nos estamos sintiendo mal por la falta de aire.

Ellen, quiero que vivas bien y vayas al cielo. Cría a los niños lo mejor que puedas. Vaya, cómo me gustaría estar contigo. Adiós. Entiérranos a Elbert y a mí en la misma tumba que al pequeño Eddy. Adiós, Ellen, adiós Lily, adiós Jemie, adiós Horace. Son las dos y 25 minutos. Solo algunos de nosotros seguimos con vida.

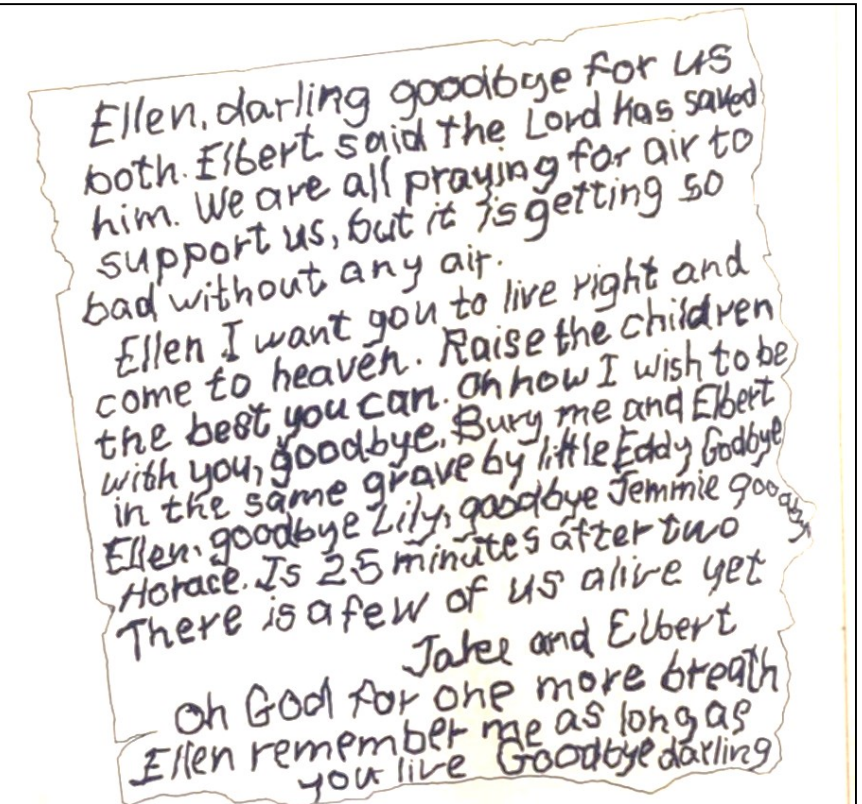
Jake y Elbert

Oh Dios, déjame respirar una vez más.

Ellen, recuérdame mientras vivas. Adiós, mi amor.



**Programa de Minería de NIOSH – [www.cdc.gov/spanish/niosh/topics/mineria.html](http://www.cdc.gov/spanish/niosh/topics/mineria.html)**



Letter written by Jacob L. Vowell shortly before he died of suffocation in the 1902 Fraterville (Tenn.) mine disaster.

Carta escrita por Jacob L. Vowell poco antes de morir por sofocación en el desastre de la mina de Fraterville (Tennessee) en 1902.