

# MANUAL DE CAPACITACIÓN

SOBRE RESCATE EN  
MINAS SUBTERRÁNEAS

# 2019



CAMIMEX



# INTRODUCCIÓN |

El trabajo en una mina subterránea presenta una gran diversidad de riesgos que es necesario identificar y minimizar. Para ello, es relevante contar con un plan de respuesta y estar perfectamente preparados para afrontar cualquier situación de emergencia.

Debido a lo anterior, es de gran relevancia atender este tema y conocer lo mejor posible cuáles son los protocolos que existen y las mejores prácticas en términos de prevención y acción en caso de una situación especial.

De todas las tradiciones que unen a los mineros, ninguna es más fuerte que su compromiso y fraternidad entre cada uno de ellos, para mantenerse a salvo y ayudarse mutuamente en caso de alguna emergencia dentro de las profundidades de las minas.

Es necesario tener en cuenta que, aun con la complejidad de la situación, es necesario hacer todo lo posible para que las familias tengan acceso a sus familiares en todo momento.

Sabemos que, ante una emergencia, la prioridad siempre es la evacuación inmediata y segura de los mineros, y activar los protocolos de seguridad, así como contar con el equipo de rescate especial, el personal calificado y atención a las víctimas.

Es relevante reconocer que ningún rescatista obtiene pago extra por ser parte de una cuadrilla de rescate, lo que hace más humano las respuestas ante algún siniestro. Esto es parte de una herencia minera, los mineros permanecen unidos especialmente en la adversidad y comparten la responsabilidad de cuidarse los unos a los otros, “todos somos hermanos de las profundidades”.

El presente manual está dirigido a todas aquellas personas que son integrantes de las cuadrillas de rescate minero, el cual apoyará y orientará con conocimientos técnicos y didácticos que pueden aplicarse durante el control de algún evento de emergencia. Este manual está integrado por ocho unidades:

- Organización en superficie
- Exploración de mina
- Gases en minas
- Ventilación en minas
- Incendios y explosiones en minas subterráneas
- Rescate de sobrevivientes
- Recuperación de mina
- Reglas Generales de Competencia

El desarrollo de este curso está considerado para darse de manera expositiva y demostrativa. Con exámenes al término de cada unidad.

Al final de este manual se encuentra el glosario de términos mineros relacionados con el contenido de este documento, así como la bibliografía de apoyo para su elaboración.

## **OBJETIVO GENERAL DEL CURSO** |

Reconocer los procedimientos y metodologías que los integrantes de las cuadrillas de rescate deben aplicar durante una emergencia en minas subterráneas metálicas, principalmente por un incendio o explosión.

# ÍNDICE

<b>UNIDAD 1: ORGANIZACIÓN EN SUPERFICIE</b>	<b>7</b>
• OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD	9
• PLAN DE NOTIFICACIÓN	9
• CADENA DE MANDO	9
• PREPARACIÓN DE LA CUADRILLA EN SUPERFICIE	9
• EJEMPLO DE ROL DE TRABAJO DE 4 CUADRILLAS (DOS HRS/CUADRILLA)	10
• GLOSARIO DE TÉRMINOS	11
<b>UNIDAD 2: EXPLORACIÓN DE MINA</b>	<b>13</b>
• OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD	15
• REVISIÓN DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS DE LA VENTILACIÓN	15
• BASE DE AIRE FRESCO	15
• EQUIPO REQUERIDO POR LA CUADRILLA	16
• INGRESO A MINA	17
• PROCEDIMIENTOS DE EXPLORACIÓN	19
• REGLA 2 + 1	21
• REPORTE DE EXPLORACIÓN	22
• SIMBOLOGÍA PARA LA UNIDAD DE EXPLORACIÓN DE MINA	26
<b>UNIDAD 3: GASES EN MINAS</b>	<b>27</b>
• OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD	29
• INTRODUCCIÓN	29
• PRINCIPIOS BÁSICOS DE LOS GASES EN MINERÍA SUBTERRÁNEA	29
• DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES GASES EN MINAS SUBTERRÁNEAS	33
• HUMO	42
• PROPIEDADES DE LOS PRINCIPALES GASES EN MINAS SUBTERRÁNEAS	42
• EQUIPO PARA DETECCIÓN DE GASES	47
• SIMBOLOGÍA DE GASES EN MINAS	48
<b>UNIDAD 4: VENTILACIÓN EN MINAS</b>	<b>49</b>
• OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD	51
• INTRODUCCIÓN	51
• PRINCIPIOS DE VENTILACIÓN EN MINAS	51

• FLUJO DEL AIRE	52
• CONTROLES DE VENTILACIÓN	52
• MEDICIÓN DE FLUJO, VOLUMEN Y CAUDAL DE AIRE	54
• VISTAS O SECCIONES DE UNA MINA	57
<b>UNIDAD 5: INCENDIOS EN MINAS SUBTERRÁNEAS</b>	<b>59</b>
• OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD	61
• INTRODUCCIÓN	61
• INCENDIOS	61
• CLASIFICACIÓN DE INCENDIOS	62
• ¿QUÉ ES EL FUEGO?	62
• ¿QUÉ ES UN INCENDIO?	62
• FORMAS DE CONDUCCIÓN DEL CALOR	63
• PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN	65
• FASES DEL FUEGO	66
• EQUIPOS CONTRA INCENDIO	66
• COMO SE EXTINGUE EL FUEGO	68
• LOCALIZANDO Y CONTROLANDO UN INCENDIO EN MINAS SUBTERRÁNEAS	69
<b>UNIDAD 6: RESCATE DE SOBREVIVIENTES</b>	<b>73</b>
• OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD	75
• INTRODUCCIÓN	75
• ENTRANDO A UNA BARRICADA O REFUGIO	75
• SOBREVIVIENTES LESIONADOS	76
• FACTORES PSICOLÓGICOS	77
• TRANSPORTE DE LESIONADOS	77
<b>UNIDAD 7: RECUPERACIÓN DE MINA</b>	<b>79</b>
• OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD	81
• INTRODUCCIÓN	81
• QUITANDO LOS TAPONES DEL ÁREA DE INCENDIO	81
• MÉTODOS PARA RETIRAR LOS TAPONES O SELLOS DE UN INCENDIO	82
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b>	<b>85</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>87</b>



# UNIDAD 1

## ORGANIZACIÓN EN SUPERFICIE

---



## OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD

Los integrantes de las cuadrillas de rescate identificarán los procedimientos que se deben seguir antes de iniciar las actividades de control en una emergencia.

## PLAN DE NOTIFICACIÓN

Cada mina debe tener un plan de notificación de emergencia para informar a todo el personal necesario cuando ocurra un evento. Este plan debe contemplar el nombre, domicilio y teléfono del personal o equipo que administra la empresa, así como de los integrantes de las cuadrillas de rescate, dependencias de gobierno involucradas, empresas de los grupos de apoyo y asistencia social requerida.

EJEMPLO: Puede ser diferente el nombre del título del personal administrador o de confianza de las empresas que debe atender la emergencia, pero por lo general es similar al siguiente listado:

- Gerente de mina
- Superintendente de operaciones
- Superintendente de seguridad
- Asesor mina
- Asesor de ventilación
- Superintendente de mantenimiento
- Contraloría
- Recursos humanos
- Salud ocupacional
- Jefe de vigilancia
- Representantes sindicales

El plan de notificación de la mina debe incluir cualquier otra persona o servicios que sean requeridos en la emergencia, tal como oficiales de policía, proveedores de provisiones, asesores, ambulancias y otros vehículos de emergencia.

## CADENA DE MANDO

El centro de mando estará coordinado por el gerente de la mina o quien sea designado en su ausencia, al cual le estarán reportando todas las actividades que se estén realizando durante la emergencia desde la base de aire fresco de la cuadrilla de rescate, lo cual servirá al centro de mando para analizar e indicar las acciones y estrategias a realizar.

La cuadrilla de rescate es un eslabón en la cadena de mando, la cual está coordinada por el capitán de la cuadrilla, quien a su vez está supervisado por el Superintendente o Jefe de Seguridad Industrial.

## PREPARACIÓN DE LA CUADRILLA EN SUPERFICIE

Una “agenda de rotación” debe ser diseñada por el jefe de seguridad (o por quien esté a cargo de las cuadrillas de cada Unidad Minera), para el control de los integrantes de la cuadrilla que lleguen después del llamado, así como a las cuadrillas que se presenten del Grupo de Apoyo. Esta agenda de rotación de las cuadrillas asignará el tiempo de trabajo respaldo, descanso y reserva.

Se debe acondicionar un lugar o área como estación de rescate para todas aquellas cuadrillas de apoyo que se presenten, la cual debe prepararse con agua suficiente, bancos para revisión de los equipos de rescate, llenado de cilindros de oxígeno, alimentos y descanso.

**NOTA:** Ningún integrante de la cuadrilla debe colocarse el equipo de rescate sin previa revisión médica del estado físico y emocional de la persona, por lo cual, el médico dará el visto bueno para ingresar a la emergencia.

Para que la primer cuadrilla pueda ingresar a la mina después de una emergencia, es necesario que ya se encuentre otra cuadrilla preparada en la base de aire fresco.

Cabe señalar que durante una emergencia el tiempo de trabajo de cada cuadrilla en interior mina será de dos horas efectivas de trabajo o menos en caso de que algún integrante no pueda continuar o algún equipo autónomo presente falla.

**EJEMPLO DE ROL DE TRABAJO DE 4 CUADRILLAS (DOS HRS/CUADRILLA)**

No. de cuadrilla	Roles			
1	Trabajando	Respaldo	Espera	Apoyo BAF
2	Apoyo BAF	Trabajando	Respaldo	Espera
3	Espera	Apoyo BAF	Trabajando	Respaldo
4	Respaldo	Espera	Apoyo BAF	Trabajando

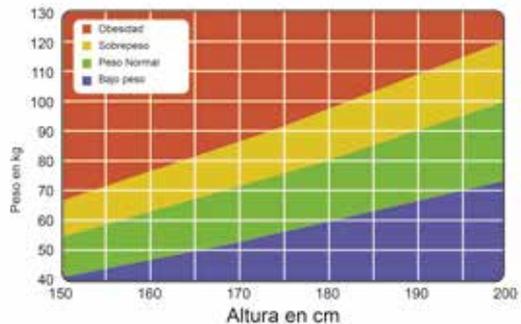
NOTA: BAF (Base de Aire Fresco)

**Requisitos para ser cuadrillero de Rescate Minero Subterráneo**

- Ser trabajador o empleado de la unidad minera (incluye contratistas)
- Edad entre 18 a 40 años
- Espíritu de servicio
- Responsable
- Saber leer y escribir
- Pasar la evaluación médica (examen general, espirometría, exámenes clínicos, etc.)
- No exceder el índice de masa corporal (30)
- No tener claustrofobia (del latín claustrum: cerrado y del griego fobos: miedo)
- No tener nictofobia (del griego nyx: noche y fobos: miedo)

La medida de masa corporal (obesidad) se determina mediante el índice de masa corporal (IMC), que se calcula dividiendo los kilogramos de peso de la persona entre el cuadrado de la estatura en metros ( $IMC = \text{peso (kg)} / \text{estatura al cuadrado (metros al cuadrado)}$ ).

**GRÁFICA DE ÍNDICE DE MASA CORPORAL**



Composición corporal	Índice de masa corporal
Peso Bajo	Menos de 18.5
Peso Normal	18.5 – 24.9
Sobrepeso	25.0 – 29.9
Obesidad	Más de 30.0

## GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS EN ESTA UNIDAD

**CUADRILLA TRABAJANDO:** Es la cuadrilla que ingresa a la mina a realizar su trabajo durante dos horas.

**CUADRILLA DE APOYO BAF:** Es la cuadrilla que está en la base de aire fresco para cualquier apoyo que requiera la cuadrilla que está trabajando.

**CUADRILLA DE ESPERA:** Cuadrilla programada para estar en superficie en reserva y lista para apoyar en la base de aire fresco al salir la que está trabajando e ingrese la que estaba de apoyo en la BAF.

**CUADRILLA DE RESPALDO:** Cuadrilla de apoyo en superficie, la cual tomará el lugar de la cuadrilla en espera cuando ésta se mueva a dar apoyo en la BAF.

**CADENA DE MANDO:** Orden de autoridad en la Unidad Minera y responsabilidades de cada integrante que conforma esta cadena.

**CENTRO DE MANDO:** Oficina principal para la operación de rescate y recuperación.

**BASE DE AIRE FRESCO:** Base de operaciones de la cuadrilla, de aquí inician los trabajos de la exploración a mina, debe estar en una atmósfera respirable.

**PLAN DE NOTIFICACIÓN:** Plan para dar aviso al personal necesario cuando hay una emergencia en la mina.

**AGENDA DE ROTACIÓN:** Agenda que establece un claro orden de la participación de las cuadrillas de apoyo durante una emergencia.





# UNIDAD 2

## EXPLORACIÓN DE MINA

---





## OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD

Los integrantes de las cuadrillas de rescate analizarán la metodología para una exploración segura después de un incendio o explosión en la mina.

## REVISIÓN DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS DE LA VENTILACIÓN

Antes de que alguien baje a la mina a explorar después de un incendio o explosión, se debe medir el flujo de ventilación que entra y sale de la mina, así como el monitoreo de los gases que están saliendo de la mina. Esto se hace para determinar por donde será el ingreso a la mina para iniciar la exploración y sobre todo para conocer el tipo de riesgo que se encontraran de acuerdo a las concentraciones de gases que están saliendo.

Siempre que sea posible, se debe ingresar a la mina por donde está entrando el aire limpio.

En una mina con tiros hay que revisar la calesa o botes para asegurarse de que está operando adecuadamente, se debe correr la calesa o botes por el tiro para verificar que el tiro está libre de obstáculos, agua e incendio. El monitoreo de gases en los brocales de los tiros debe hacerse con los detectores a la altura de las rodillas y las manos extendidas sobre el claro del tiro, para este monitoreo se debe utilizar arnés con su respectivo anclaje de la estructura del tiro. En las rampas, el monitoreo se debe hacer de acuerdo al peso específico de cada gas, al igual que cuando se realiza durante la exploración de la mina.

Al monitorear los gases sobre un extractor, éste debe hacerse con los detectores frente a la descarga del extractor o de los ductos de extracción.

En superficie se debe realizar la exploración inicial de las entradas y salidas de la ventilación con los equipos de oxígeno ya colocados. Esto por si está saliendo algún gas con concentraciones elevadas que pueda intoxicar a los integrantes que están realizando el monitoreo.

## BASE DE AIRE FRESCO

La base de aire fresco es la base de operaciones de la cuadrilla, de aquí es donde las cuadrillas empiezan con el trabajo de exploración en mina. La base de aire fresco funciona también como una base de comunicaciones que enlaza la operación de las cuadrillas con el centro de comando, y todo el personal de apoyo.

Con frecuencia, la base de aire fresco se establece en superficie, lo más cercano a los tiros o rampas por donde va a ingresar la cuadrilla, pero en algunas ocasiones se puede hacer en el interior de la mina, y se puede ir recorriendo conforme la cuadrilla avanza con la exploración y va asegurando los lugares o las áreas de la mina.

La base de aire fresco es normalmente abastecida con provisiones y otro equipo que vaya a ser usado durante la exploración. Por ejemplo, una base típica de aire fresco estará probablemente equipada con artefactos de prueba de gases, equipo contra incendios y detectores de varios gases. Puede haber también provisiones de primeros auxilios y equipo terapéutico de oxígeno, así como herramientas y refacciones para los aparatos de rescate. También deben contar con un plano actualizado del área afectada, y de ser posible con sillas o bancas, lonas o cobertores para que la cuadrilla de apoyo pueda acomodar sus aparatos y esté en reposo.

La base de aire fresco tiene un “coordinador”, el cual es responsable de establecer y mantener las operaciones ordenadamente y estar informando de los avances de la cuadrilla al centro de mando, así como las estrategias o acciones a seguir de acuerdo a los hallazgos de la cuadrilla.

Las responsabilidades principales del coordinador de una base de aire fresco son:

- Mantener comunicación del centro de mando con las actividades que la cuadrilla de rescate está realizando.
- Coordinar y supervisar las actividades de todo el personal que está en la base de aire fresco.
- Checar las comunicaciones entre la base de aire fresco y el centro de mando para asegurarse de que el sistema está operando apropiadamente.

**NOTA:** Solamente aquellas personas necesarias para la operación deberían ser admitidas en la base de aire fresco.

### EQUIPO REQUERIDO POR LA CUADRILLA

Los miembros de la cuadrilla de rescate usan algo del mismo equipo básico que utilizan los mineros, por ejemplo, cada miembro tendrá:

Casco con barbiquejo, ropa de algodón con manga larga y logotipo de la empresa o cuadrilla, lámpara, zapatos de seguridad, cinto con autorrescatador y argolla, guantes, rodilleras y placa metálica de identificación.

Además de usar: Línea de vida, reloj, aparato de respiración autónomo para 4 horas de operación, sistema de comunicación, detectores mutigases, detector de oxígeno ( $O_2$ ), detector de hidrógeno sulfurado ( $H_2S$ ), camilla con el aparato de respiración

autónomo extra, maleta de primeros auxilios, cobija, extintor portátil tipo ABC, barra de amacizar, bastón para revisar profundidad del agua, amacice y zonas con humo, herramientas anti-chispa en caso de ser una mina con gas metano, plano y lápices para marcar, equipo para señalización audible (cornetas) y delantal para el capitán y gasero.



*Equipo autónomo de oxígeno para exploración de minas subterráneas*

## INGRESO A MINA

Antes de que la cuadrilla llegue a instalarse en la base de aire fresco, es responsabilidad del capitán asegurarse de que cada integrante porte su equipo y aparato en buenas condiciones de operación. Antes de ingresar a mina, el capitán debe revisar a cada uno de los integrantes para que todos porten debidamente su equipo requerido y necesario, y finalmente el co-capitán debe revisar el equipo y aparato al capitán.

Una vez que la cuadrilla llegue a la base de aire fresco, es responsabilidad del capitán hacer los preparativos y arreglos finales antes de que la cuadrilla proceda al ingreso a la mina.

En este momento el capitán aplica el procedimiento estándar llamado “revisión de la cuadrilla”, el cual tiene tres razones para realizarse:

1. Asegurarse de que cada miembro de la cuadrilla esté en buena condición y listo para ingresar a la mina.
2. Asegurarse que los aparatos de cada miembro de la cuadrilla estén funcionando perfectamente.
3. Asegurarse que llevan todos los equipos y materiales requeridos para la emergencia.

Una vez revisada la cuadrilla, los cinco integrantes de la cuadrilla deben atarse a la línea de vida para iniciar la exploración de la mina.

**NOTA:** El doctor o servicios médicos de la Unidad, debe dar el visto bueno a cada integrante de la cuadrilla para que pueda ingresar a la mina.

El capitán debe llevar siempre en mente el postulado de rescate minero, cuyos tres principios son:

- a. La seguridad de la cuadrilla.
- b. El rescate de personas vivas o muertas.
- c. La recuperación o el restablecimiento de las operaciones de la mina.

Al ingresar a la mina por primera vez, el capitán debe realizar una primera parada durante los primeros 15 metros de avance, esto para revisar si algún integrante se esté sintiendo mal o algún equipo no va funcionando correctamente, y el regreso debe ser muy rápido a la base de aire fresco. De ahí en adelante las revisiones deben hacerse cada 20 minutos. Durante estas revisiones programadas (de los primeros 15 metros al ingresar a la mina y cada 20 minutos) se deben revisar las presiones de los cilindros de oxígeno de cada equipo y pasar la lectura más baja a la base de aire fresco.

A medida que la cuadrilla avanza, es importante estar en contacto frecuente con la base de aire fresco para reportar el progreso de la cuadrilla y recibir instrucciones. El mapeo es el responsable de enviar y recibir la información a la base de aire fresco.

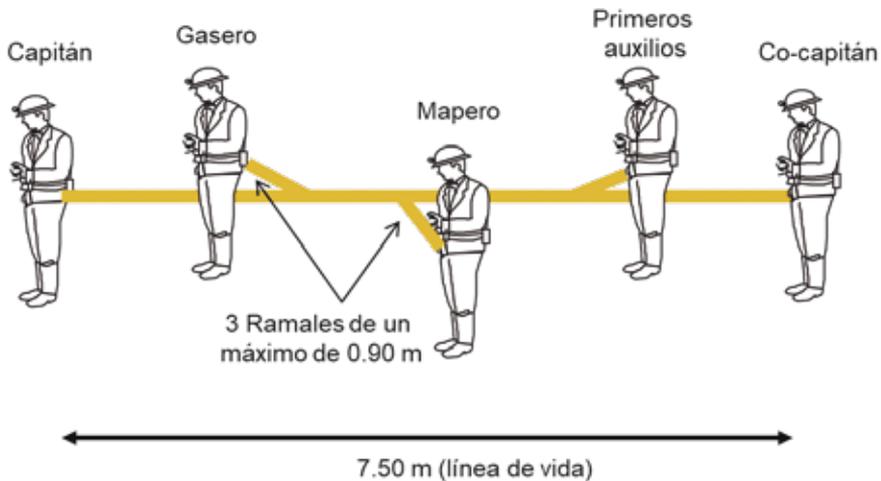
Durante el avance, el capitán tiene que revisar el estado de los integrantes de la cuadrilla y equipos, sencillamente deteniéndolos brevemente y preguntando a cada uno de ellos como se sienten. Estas revisiones se deben hacer siempre al pasar algún obstáculo, realizar algún trabajo, al empezar a caminar en zonas con humo, etc. En las revisiones programadas de 15 metros al ingresar a la mina y cada 20 minutos, se debe revisar a detalle al personal y estado de los equipos.

El orden para ir formados los integrantes de la cuadrilla durante la exploración es el siguiente:

- 1.- Capitán;
  - 2.- Gasero;
  - 3.- Mapero;
  - 4.- Primeros auxilios;
  - 5.- Co-capitán
- El hombre de la base de aire fresco tiene el número 6.



Orden que lleva la cuadrilla durante la exploración en la mina



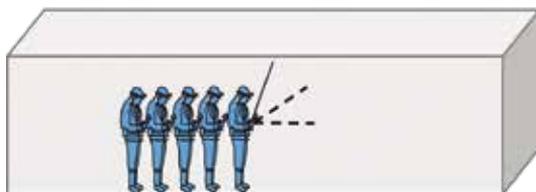
Requisitos de la línea de vida donde van atados los integrantes de la cuadrilla de rescate

Cuando la cuadrilla requiera llevar una línea adicional para poder comunicarse con la base de aire fresco, esta irá desde el co-capitán hasta el hombre base, la cual servirá como guía de camino durante los regresos de la cuadrilla.

## PROCEDIMIENTOS DE EXPLORACIÓN

Al iniciar la exploración, se recomienda que utilicen el camino con menos obstrucciones y se mantengan en aire limpio siempre que sea posible.

En minas con varios niveles, la cuadrilla explora nivel por nivel, iniciando siempre del nivel inferior hasta encontrar el lugar siniestrado en caso de desconocerlo, o bien si aún no han salido algunos mineros de los cuales no se sabe su ubicación.



*Cuadrilla avanzando en aire limpio, el capitán revisando con su bastón cielo y tablas.*

Cuando la información inicial de la emergencia indica el lugar del siniestro y ubicación de las personas que aún no han salido, la cuadrilla debe enfocar su exploración tratando de llegar lo más pronto posible a donde se encuentre el personal y la emergencia; las áreas sin explorar aun, se pueden explorar después de controlar la emergencia.

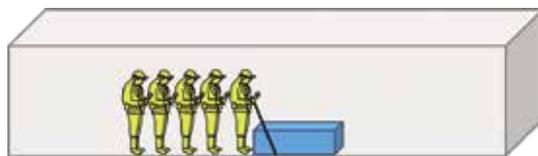
Cuando la cuadrilla va explorando y durante su avance no han encontrado humo, es decir con buena visibilidad, el capitán debe ir revisando el cielo y las tablas con su bastón.



*Cuadrilla avanzando en zona de humo, el capitán revisando con su bastón piso y tablas.*

Al encontrar humo durante la exploración, la cuadrilla tiene muy poca visibilidad y riesgos de caídas por no ver el piso, riesgos de caídos de roca por no poder revisar, etc., esta exploración debe dejarse siempre como última opción. El humo puede ser ligero que limite la visibilidad poco, pero puede ser también muy denso que oscurezca todo a su alrededor. En este caso la cuadrilla puede sufrir lo que se llama “desorientación espacial”, se pierde el sentido de ubicación “cuál lado es el de arriba”, por así decirlo, pueden topar con las cosas o tablas del nivel o perder completamente el equilibrio y caer.

Por estas razones es recomendable que cuando las cuadrillas de rescate viajen en humo, todos los miembros deben estar unidos por medio de la “línea de vida”. El co-capitán que va en la posición # 5, cuando van avanzando hacia adelante, debe ir viendo a los otros miembros de la cuadrilla para asegurarse que van avanzando sin dificultad. El co-capitán puede detener rápidamente la cuadrilla si observa algún problema con los integrantes.



*Capitán revisando profundidad del agua y verificando que no haya algún cuerpo.*

Cuando la cuadrilla encuentra agua durante la exploración, el capitán debe revisar la profundidad con su bastón de apoyo, así como revisar que no haya cables eléctricos dentro del agua o alguna víctima. Si la profundidad del agua no está más arriba de las rodillas, la cuadrilla puede avanzar sin ponerse en riesgo, pero la cuadrilla no debe avanzar si la profundidad va más allá de las rodillas, se debe de buscar otra ruta.

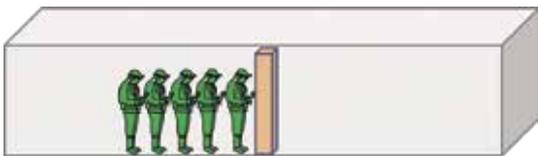
Si se cuenta con equipo de bombeo, y las condiciones del área permiten el bombeo, la cuadrilla puede realizarlo. Tener presente que es muy importante conocer las condiciones de los gases en el lugar, el agua puede contener en sí, gases solubles dañinos como el  $H_2S$ , el cual puede ser liberado durante la operación de bombeo o al agitar el agua al transitar la cuadrilla entre ella.

En minas con gases explosivos, la bomba debe ser instalada en un lugar sin riesgo, con buena ventilación y la línea de succión y descarga debe ser no conductiva.

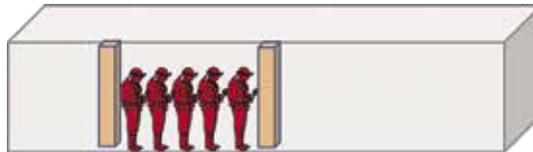


*Gasero monitoreando el  $H_2S$  sobre la superficie del agua después de que el capitán la removió, esto se hace a lo ancho de la frente donde está el agua.*

Al encontrarse una puerta cerrada, mamparas o tapones durante la exploración, no se deben abrir y pasar a través de ellas, ya que las condiciones del otro lado no son conocidas, se debe construir un tapón o mampara temporal antes para no mezclar las atmosferas en caso de que sean diferentes y no realizar ningún cambio en la ventilación sin conocer los efectos.



*Al encontrarse una puerta, tapón o barricada, el capitán después de hacer el monitoreo de gases palpa la puerta para ver si no está caliente y pregunta a ver si hay alguien al otro lado.*



*Cuadrilla anteponiendo un tapón o barricada para poder abrir la puerta o tapón encontrado y evitar la mezcla de dos atmosferas diferentes, o bien, para no alterar la ventilación existente. Este tapón debe construirse lo más cercano posible, al tapón o puerta que se encontró, entre 1.20 y 1.80 m.*

En cada parada de la cuadrilla, se debe monitorear la atmósfera para detectar la presencia de oxígeno, gases explosivos, monóxido de carbono y otros gases.

A medida que avanza la cuadrilla, el capitán debe ir marcando las áreas exploradas, con sus iniciales y fecha, esto se debe hacer en los cruceros, intersecciones, caídos, barricadas, mamparas, puertas de control y en todos los puntos que la cuadrilla va explorando. Toda la información que se vaya encontrando se debe ir anotando en el plano que lleva el “mapero” (tercer integrante de la cuadrilla), esta misma información, una vez que el mapero ya la anotó en su plano, debe pasarla al hombre base (sexto hombre de la cuadrilla) para que también lo señale en su plano.

## REGLA 2 + 1

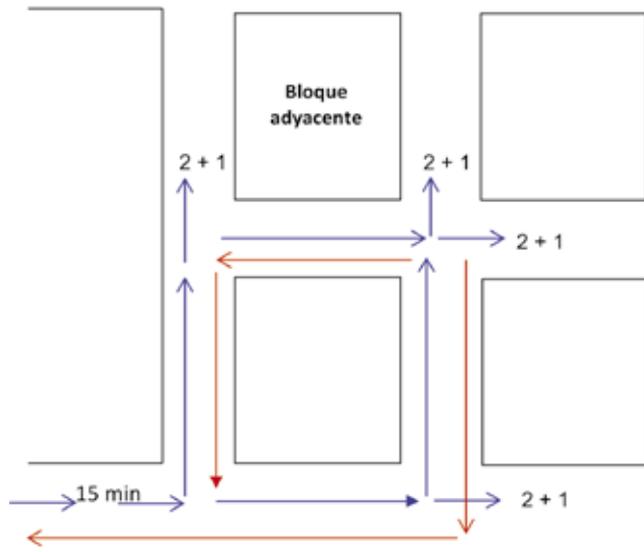
Durante la exploración ningún miembro de la cuadrilla debe avanzar más de 1.0 metro (regla 2 + 1) más allá de la segunda intersección por donde se avance, ya sea cuando la cuadrilla avanza en dirección norte/sur o cuando avanza en dirección oriente/poniente. La cuadrilla no debe continuar la

exploración si aún no se han explorado las obras o bloques adyacentes en su totalidad hasta la segunda intersección o cruce por donde la cuadrilla va explorando.

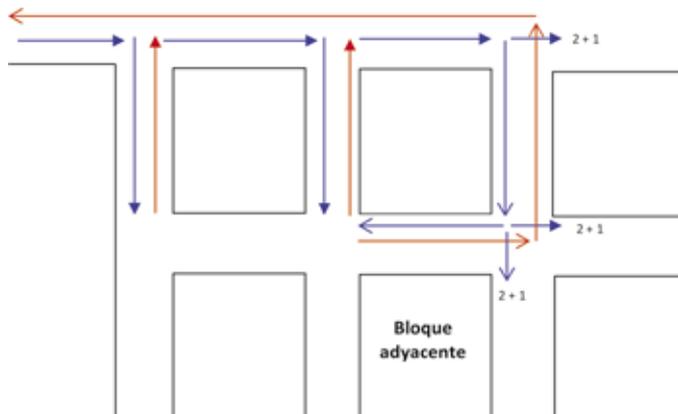
La exploración debe ser sistemática para evitar que las cuadrillas queden encerradas o atrapadas dentro de un incendio o explosión al explorar sin aplicar este procedimiento.

## EXPLICATIVO DE LA APLICACIÓN DE LA REGLA 2 + 1: EXPLORACIÓN SISTEMÁTICA

a) Primera entrada de la cuadrilla a la mina aplicando la regla 2+1



b) Segunda entrada de la cuadrilla a la mina aplicando la regla de 2+1



## REPORTE DE EXPLORACIÓN

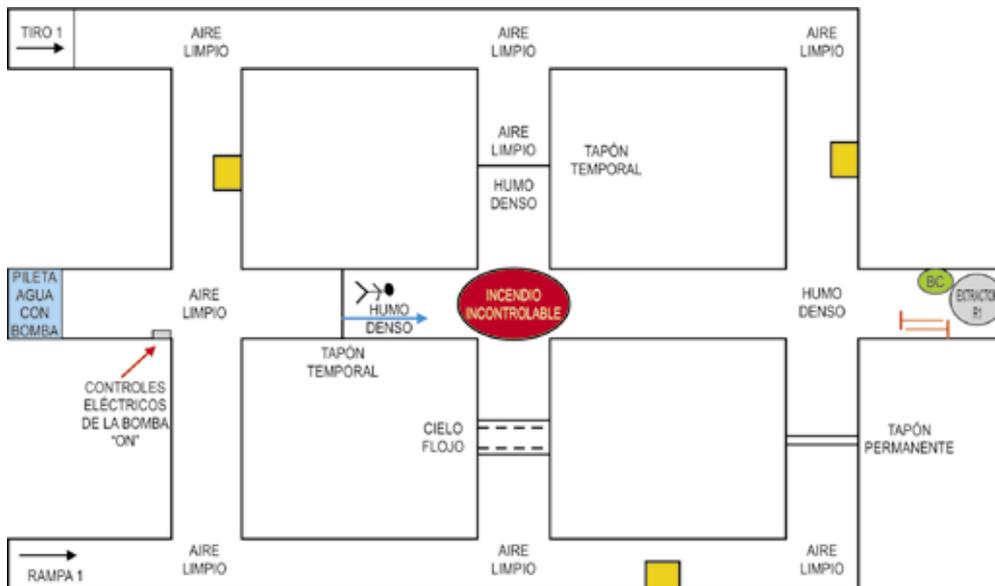
Cuando la cuadrilla regresa a la base de aire fresco, el capitán se reúne con el coordinador de la base de aire fresco y con el capitán de la cuadrilla que ingresará a continuar con la exploración para intercambiar información acerca de lo que la cuadrilla encontró, se entregan los planos del mapero y hombre base para comparar la información. Este reporte debe incluir las condiciones de recorrido, qué se encontró, hasta donde llegaron, qué gases encontraron y las

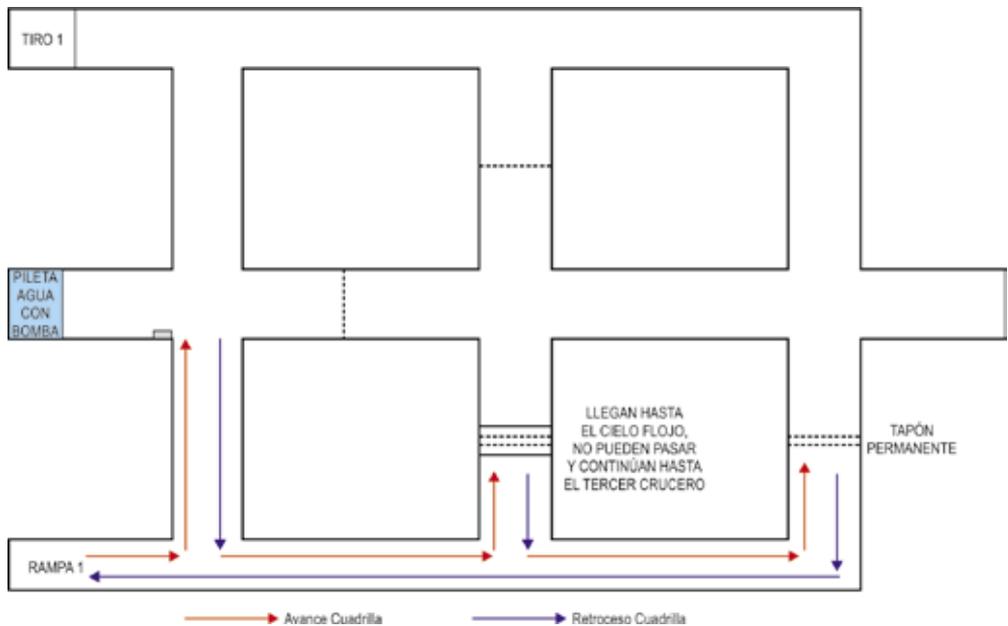
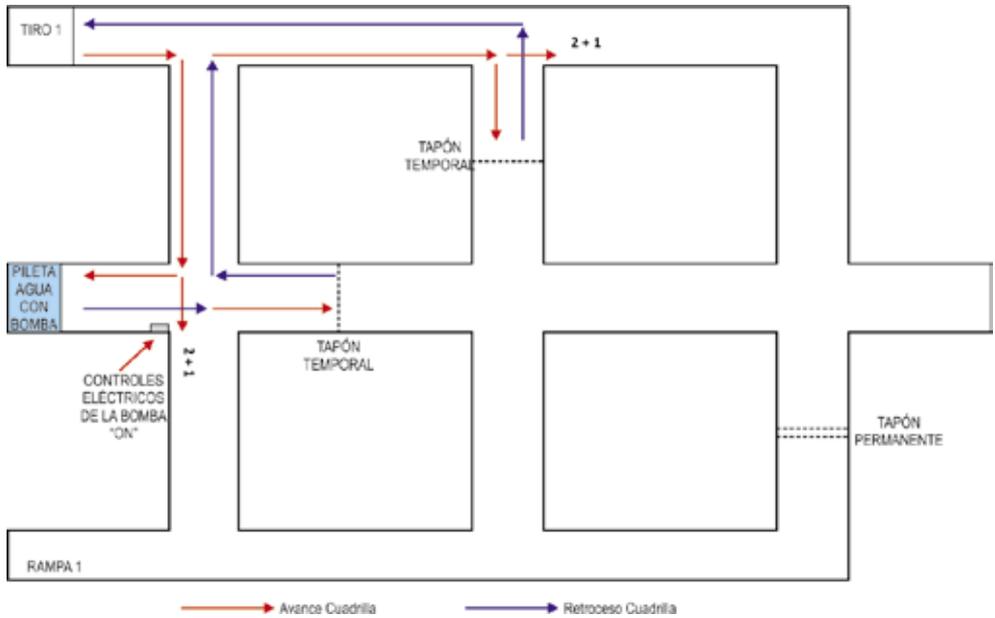
condiciones del terreno, así como mamparas o taponés que se hayan construido y sobre todo lo que falta de hacer, y sugerencias al capitán de la cuadrilla que ingresará sobre lo que debe llevar o hacer.

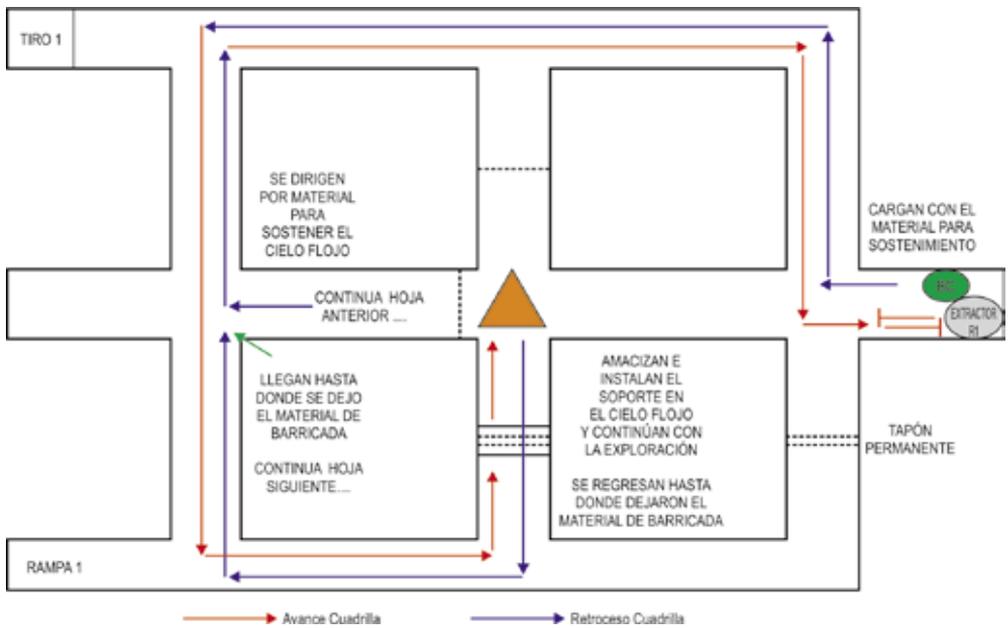
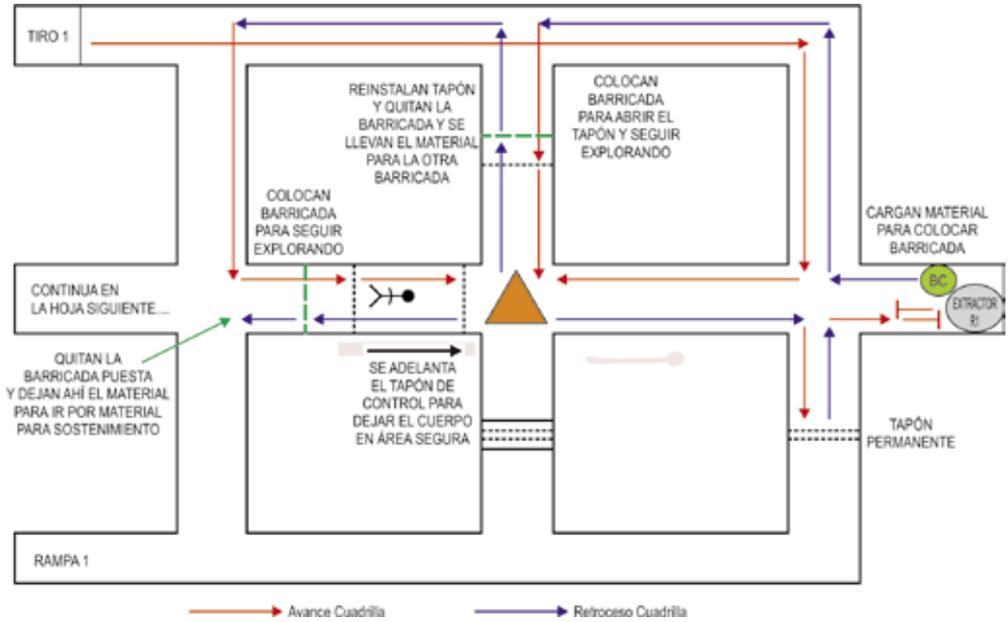
Una información bien detallada con todos los hallazgos y bien plasmada, facilita la investigación de lo sucedido, así como un buen reporte para los familiares de mineros atrapados, autoridades y medios de comunicación.

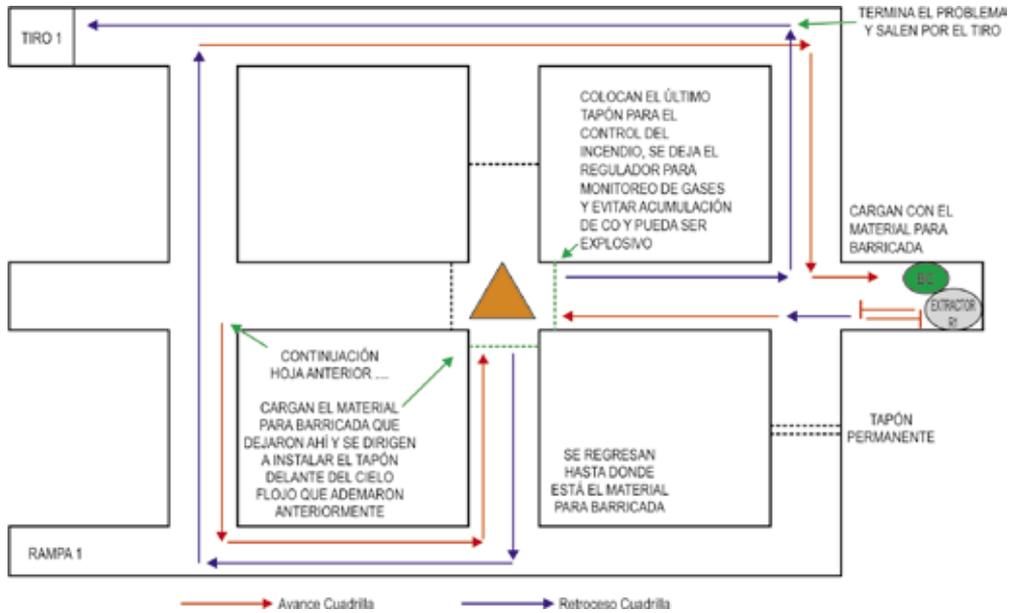
Ejemplo de exploración en mina

### PROBLEMA EN MINA SAN PEDRO









## SIMBOLOGÍA PARA LA UNIDAD DE EXPLORACIÓN DE MINA

	Tapón temporal		Tabla y parte del cielo flojo
	Tapón temporal dañado		Material para mampara o barricada
	Tapón permanente		Material para soporte
	Tapón permanente dañado		Equipo móvil
	Puerta cerrada		Cuerpo
	Puerta abierta		Persona viva
	Barricada		Fecha e iniciales del capitán
	Regulador		Punto más alejado de exploración
	Cortina		Cualquier objeto encontrado
	Hundido impasable		Revisión de los 15 metros
	Cielo flojo		Revisión de los 20 metros
	Incendio		Agua
	Vía		Subestación eléctrica



# UNIDAD 3

## GASES EN MINAS

---



CAMIMEX



## OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD

Los integrantes de las cuadrillas de rescate identificarán las propiedades físicas y características de los gases que pueden encontrar durante la exploración de una mina que sufrió un incendio o explosión, así como saber dónde se encuentran estos gases para su muestreo.

Estos son los tres estados de la materia (Sólido, Líquido y Gaseoso)

## INTRODUCCIÓN

Bajo condiciones normales, muchos gases están presentes en la mina. El sistema de ventilación de cada mina debe estar diseñado para introducir aire fresco y así dispersar y remover los gases dañinos y proveer el oxígeno en las áreas de trabajo.

Pero durante un desastre, la situación puede ser un poco diferente. Los incendios o explosiones pueden liberar gases peligrosos dentro de la atmósfera y un sistema de ventilación interrumpido podría resultar en una atmósfera deficiente de oxígeno y/o una acumulación de gases tóxicos o explosivos.

## PRINCIPIOS BÁSICOS DE LOS GASES EN MINERÍA SUBTERRÁNEA

Para ayudar a entender lo que es un gas, comparémoslo con un líquido y un sólido. Un sólido tiene una forma definida y un volumen, están formados por partículas estrechamente unidas. Un líquido tiene un volumen definido, pero cambia la forma de acuerdo a su contenedor, están compuestos por partículas en movimiento, muy abundantes. Sin embargo, un gas es una sustancia sin forma o volumen definidos. Se expande o se contrae para llenar el área en la cual está contenido, están compuestos por partículas muy móviles, que tiene un gran espacio entre ellas.

### SÓLIDO

- Forma definida
- Volumen definido
- No compresibles
- Partículas muy unidas

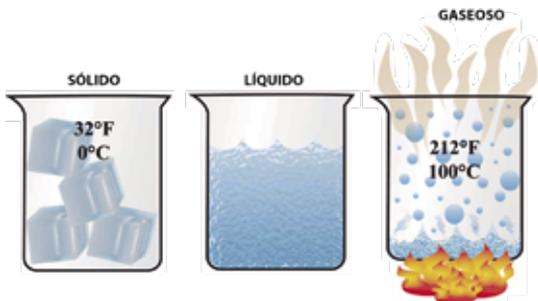
### LÍQUIDO

- Volumen definido
- Forma del recipiente que lo contiene
- No compresibles
- Partículas con unión no tan estrecha en movimiento

### GASEOSO

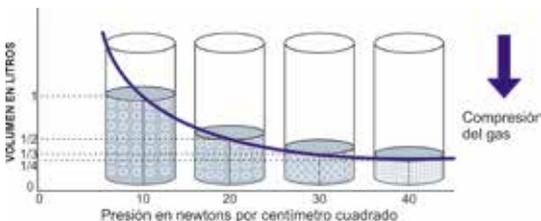
- Forma y volumen del recipiente que los contiene
- Muy compresibles
- Partículas móviles con gran espacio entre ellas

Ejemplo del agua en sus tres estados de la materia



El punto de fusión del H<sub>2</sub>O es 0 grados. De este modo, cuando el agua se encuentra a una temperatura inferior, está en estado sólido. Entre los 0 y los 99 grados, se halla en estado líquido. Su punto de ebullición es de 100 grados, a partir de esta temperatura pasa a estado gaseoso.

**Difusión de Gases:** El volumen de un gas cambia en respuesta a cualquier diferencia en la presión atmosférica o temperatura. Por ejemplo un incremento de la presión provoca que un gas se contraiga y una disminución en la presión provoca expansión del gas.

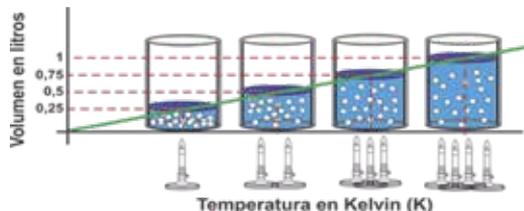


Al aumentar la presión a un gas, su volumen disminuye. Al disminuir la presión, el volumen aumenta. Son inversamente proporcionales

## Temperatura y sus Efectos en el Grado de Difusión

Es importante como afecta la temperatura el grado de difusión de un gas. Altas temperaturas (o calor) provoca que los gases se expandan, así que se dispersan más rápidamente. En consecuencia, el calor de un incendio en una mina provocará que los gases se expandan y se dispersen más fácilmente.

Las temperaturas más bajas actúan en forma opuesta: Los gases responden al frío contrayéndose y dispersándose más lentamente. En resumen, un aumento de temperatura provoca la expansión de un gas y una disminución provoca contracción.



Al aumentar la temperatura a un gas, su volumen aumenta. Al disminuir la temperatura, el volumen disminuye. Son directamente proporcionales.

El grado de difusión de un gas es también afectado por las corrientes de ventilación en la mina, ésta aumenta con una alta velocidad del flujo del aire o por turbulencias en el mismo.

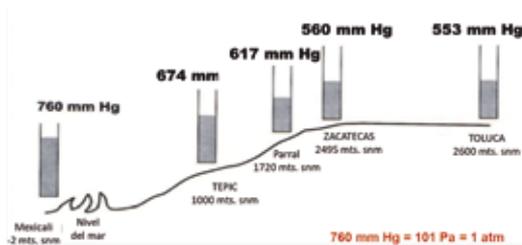
Conociendo los efectos de la corriente de aire, temperatura y presión sobre el gas ayudará a determinar su grado de difusión. El grado de difusión es qué tan rápido el gas se mezclará o combinará con uno o más gases y qué tan rápido puede ser dispersado.

La presión atmosférica afecta el grado de difusión de un gas. Por ejemplo, si el barómetro aumenta indicando que la presión sobre el gas aumentó, el gas responde contrayéndose.

Un gas se comprime dentro de un área más pequeña, se concentra más, y se dispersa más lentamente. Es mucho más fácil que las concentraciones de gases explosivos se acumulen cuando la presión barométrica es alta, y más difícil dispersar los gases por medio del sistema de ventilación de la mina.

Por otro lado, cuando la presión barométrica baja, la presión sobre el gas se reduce expandiéndose el gas, esto significa que está menos concentrado, así que se diluye más rápidamente en el ambiente.

## PRESIÓN ATMOSFÉRICA O PRESIÓN BAROMÉTRICA



**Gravedad Específica o Peso:** La gravedad específica es el peso de un gas comparado con un volumen igual de aire normal bajo la misma temperatura y presión. La gravedad específica del aire normal es 1.0 (Uno). El peso del aire actúa como un punto de referencia desde el cuál medimos el peso específico de otros gases. Por ejemplo, un gas que es más pesado que el aire tiene una gravedad específica más alta de 1.0 (Uno) y un gas que es más liviano que el aire tendrá una gravedad específica menor de 1.0 (Uno).

Si usted conoce la gravedad específica o peso de un gas, sabrá donde estará localizado en la mina y por lo tanto, dónde hacer pruebas para monitoreo. Por ejemplo: el dióxido de azufre tiene una gravedad específica

de 2.26, es mucho más pesado que el aire normal, por lo tanto usted puede predecir que este gas se encontrará en concentraciones más grandes cerca del piso o en áreas bajas de una mina. Además de ayudarlo a determinar dónde hacer pruebas de gas, la gravedad específica indica también que tan rápido el gas se dispersará con la ventilación.

**Rango Explosivo e Inflamabilidad:** Un gas que arde se dice que es “inflamable”, cualquier gas inflamable puede explotar bajo ciertas condiciones.

Para que un gas inflamable explote, debe haber el suficiente oxígeno en el aire y una fuente de ignición. El rango de concentraciones dentro de las cuáles un gas explotará es conocido como “rango explosivo”. Cuando la concentración de oxígeno se acerca a la que se encuentra en aire normal (21%), el rango explosivo de un gas se puede dar fácilmente.

**El rango de explosividad de un gas tiene dos límites: El Límite Inferior de Explosividad (LIE) y el Límite Superior de Explosividad (LSE). Cada gas tiene estos dos límites.**

Mezcla pobre %	Rango de Explosividad		Mezcla rica %
↓	LIE	LIE	↓
Mezcla pobre: 0% del gas explosivo y 100% de oxígeno			Mezcla rica: 100% del gas explosivo y 0% de oxígeno
↓			↓
No hay combustión			No hay combustión

**Solubilidad:** La solubilidad es la habilidad de un gas para ser disuelto en agua. Algunos gases encontrados en las minas son solubles y pueden ser liberados del agua.

El dióxido de azufre y el sulfuro de hidrógeno son gases solubles en agua, ambos pueden ser liberados del agua. La solubilidad es un factor importante de considerar durante las operaciones de recuperación. Cuando una mina está sellada por cualquier periodo de tiempo, el agua se puede juntar dentro de la mina ya sea naturalmente, o por combate de un incendio. Cualquiera que sea el caso, los volúmenes de agua pueden liberar al aire gases solubles cuando el agua es agitada. El bombeo de dichos volúmenes de agua, o el caminar a través del agua puede liberar grandes cantidades de gases solubles, los cuales no serían encontrados de otro modo en la atmósfera de la mina.

**El color, olor y sabor:** Son propiedades físicas que le pueden ayudar a identificar un gas, especialmente durante una exploración sin mascarilla. El sulfuro de hidrógeno, por ejemplo tiene un olor distintivo de “huevo podrido” y algunos gases pueden saber amargos o ácidos; otros dulces. El color café-rojizo, indica que hay óxidos de nitrógeno presentes. Por supuesto que no hay que confiar solamente en los sentidos para identificar un gas, cualquier gas peligroso como el monóxido de carbono, no tienen olor, color o sabor. Pero recuerde estas propiedades, ya que pueden ser una primera indicación de que un gas en particular está presente.

**Gases Tóxicos:** Algunos gases encontrados en minas son tóxicos (venenosos). El grado al cual un gas tóxico le afectará depende de tres factores: (1) qué tan concentrado está (2) que tan tóxico es y (3) tiempo de exposición. Por ejemplo, el TLV (Valor Límite Permissible) del monóxido de carbono

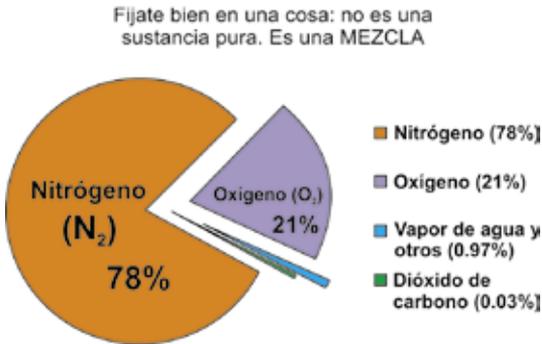
(CO) es relativamente bajo 25 ppm (partes por millón) (0.0025%). Esto significa que es lo más que usted puede estar expuesto durante un período diario de 8 horas. El TLV para el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es de 5,000 ppm (0.500%), se puede tolerar esta concentración por un periodo de 8 horas diarias sin efectos dañinos. Los gases tóxicos son dañinos al inhalarlos, un aparato de respiración autónomo (SCBA) le protegerá de dichos gases. Otros gases tóxicos dañan la piel o pueden ser absorbidos por la misma, un SCBA no lo protegerá de dichos gases. Si usted porta su equipo SCBA en humos producto de derivados del petróleo por periodos prolongados o sucesivos, pueden eventualmente infiltrarse en las partes de goma o hule del equipo ocasionando que no se tenga una protección adecuada, esto debido a que las mangueras del equipo se van degradando.

**Gases Asfixiantes:** “Asfixiar” quiere decir sofocar o ahogar. Los gases asfixiantes provocan sofocación debido a que desplazan el oxígeno del aire, produciendo así una atmósfera deficiente de oxígeno. Dado que su aparato de respiración autónomo lo provee de oxígeno, estará protegido contra los gases asfixiantes. Estos gases son los derivados del hidrógeno y acetileno principalmente.

**Aire Normal:** El aire que respiramos es realmente una mezcla de gases, el aire limpio seco al nivel del mar está compuesto por un 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y el 1% restante de otros gases.

**NOTA:** Los otros gases en el aire son seis, principalmente: neón, helio, criptón, xenón, hidrógeno y ozono.

Composición del aire:



### Nitrógeno ( $N_2$ )

Es el componente mayoritario del aire



### Oxígeno ( $O_2$ )

Es un componente del aire muy reactivo, que oxida y permite que haya fuegos



### Ozono ( $O_3$ )



El ozono estratosférico nos protege de las radiaciones ultravioleta.

**La molécula de ozono está formada por 3 átomos de oxígeno (O)**

Normalmente los gases son extraídos de las áreas operativas por el sistema de ventilación de la mina, pero durante una situación de desastre, el sistema de ventilación de la mina puede ser parcial o totalmente interrumpido, además de que un incendio o explosión generalmente producen gases peligrosos.

Los gases presentes en la mina después de un desastre variarán de acuerdo al tipo de mina y situación del desastre, así como

al tipo de equipo que se usa en la mina (eléctrico, aire comprimido, o diésel). Sin embargo, en las minas, las cuadrillas deben saber cómo monitorear los diferentes gases como el sulfuro de hidrógeno que se libera del agua, óxidos de nitrógeno que se producen por una explosión con explosivos e incendio de materiales eléctricos, etc., así como las gravedades específicas de los gases para saber dónde se localizará el gas para su muestreo.

## DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES GASES EN MINAS SUBTERRÁNEAS

### Oxígeno ( $O_2$ )

*Gravedad específica:* 1.1054

*Rango Explosivo e Inflamabilidad.* El oxígeno no es un gas explosivo, pero ayuda a la combustión.

*Riesgos para la Salud.* El oxígeno encontrado en el aire normal no es tóxico. De hecho, es esencial para la vida. Es riesgoso respirar aire que es bajo en oxígeno, y el hecho de respirar aire extremadamente deficiente en oxígeno puede matarlo.

**Hay cuatro causas principales de la deficiencia de oxígeno en la mina:**

1. Ventilación insuficiente o inapropiada, la cual falla en traerle oxígeno suficiente al área de trabajo.
2. Desplazamiento del oxígeno del aire por otros gases.
3. Un incendio o explosión que consume oxígeno.
4. Consumo de oxígeno por los trabajadores.

*Solubilidad.* Moderadamente soluble en agua.

Color / Olor / Sabor. Sin ninguno de ellos.

**Causa u Origen.** El oxígeno es el segundo componente más grande del aire normal. Alrededor del 21% del aire normal es oxígeno.

**Métodos de Detección.** Para detectar atmósferas deficientes en oxígeno, use ya sea, un indicador de oxígeno o lámpara no inflamable. Dado que el oxígeno es sólo ligeramente más pesado que el aire mantenga su detector portátil al nivel de la cintura cuando pruebe la deficiencia de oxígeno. El análisis químico detectará también la deficiencia de oxígeno.

**Cuándo hacer Pruebas.** Durante la exploración, haga pruebas tan seguido como sea necesario para determinar si la atmósfera es deficiente en oxígeno.

**Significado de los Hallazgos.** Si el ventilador principal de la mina todavía está trabajando, una atmósfera deficiente en oxígeno podría indicar que una explosión ha sucedido, o que un incendio en algún lugar en la mina está consumiendo oxígeno. La deficiencia de oxígeno puede también indicar que el sistema de ventilación de la mina ha sido interrumpida.

### Nitrógeno (N<sub>2</sub>)

**Gravedad específica:** 0.9674

**Rango Explosivo e Inflamabilidad:** El nitrógeno no es un gas explosivo y no arderá.

**Riesgos para la Salud:** El nitrógeno no es tóxico. Sin embargo, en concentraciones por encima de lo normal actúa como un asfixiante porque baja el contenido del oxígeno en el aire.

**Causa u Origen:** El aire normal contiene aproximadamente 78% de nitrógeno, haciendo del nitrógeno el componente más grande del aire normal.

El nitrógeno puede surgir del estrato en algunas minas metálicas. Otra fuente de nitrógeno en minas subterráneas es la detonación de explosivos.

**Encontrado en:** Los niveles aumentados de nitrógeno se encuentran presentes con frecuencia, después de que los explosivos han sido detonados.

**Método de Detección:** Análisis químico.

**Cuándo hacer pruebas:** Haga pruebas de nitrógeno cuando sospeche que la atmósfera tiene deficiencia de oxígeno, y en áreas de trabajo abandonadas o inactivas donde la ventilación es inadecuada. También haga pruebas en minas donde se sabe que el nitrógeno surge del estrato de la roca. Este gas se debe muestrear con un detector portátil a la altura del tórax.

**Significado de los Hallazgos:** Un elevado contenido de nitrógeno indica una atmósfera deficiente en oxígeno.

### Monóxido de Carbono (CO)

**Gravedad Específica:** 0.9672

**Rango Explosivo e Inflamabilidad:** El monóxido de carbono es explosivo e inflamable. Su rango explosivo en el aire normal es del 12.5% al 74.2%.

**NOTA:** Quizás usted quiera mencionar que el monóxido de carbono es el gas mortal asociado con las emisiones de los automóviles. El monóxido de carbono es así de tóxico porque se combina fácilmente con sus células rojas de la sangre (hemoglobina), las células que normalmente acarrean oxígeno a los tejidos de su cuerpo. Una vez que las células han tomado CO, ya no tienen la capacidad de llevar oxígeno. No se necesita mucho CO para interferir en la

capacidad del acarreo de oxígeno de su sangre debido a que el gas, se combina con la hemoglobina de 200 a 300 veces más rápido que el oxígeno.

El primer síntoma de envenenamiento por monóxido de carbono es una tensión ligera a través de su frente y posiblemente un dolor de cabeza. El monóxido de carbono es acumulativo con el tiempo. A medida que usted continúe exponiéndose a él, los efectos de envenenamiento se acumulan de igual forma. Tan poquito como 500 ppm (0.05%) pueden matarle en tres horas. Si usted está expuesto a concentraciones altas de CO, usted puede experimentar muy pocos síntomas antes de quedar inconsciente.

**Solubilidad:** El monóxido de carbono es ligeramente soluble en agua.

**Causa u Origen:** El monóxido de carbono es un producto de combustión incompleta de cualquier material de carbono. Es producido por incendios en la mina y explosiones de gas.

El monóxido de carbono también es producido por la quema o detonación de explosivos, y es emitido del escape de motores de combustión interna.

**Dónde encontrarlo:** El monóxido de carbono es encontrado durante los incendios de la mina y después de las explosiones o detonaciones de explosivos. Puede también ser detectado cerca de los motores de combustión interna.

**Método de detección:** El monóxido de carbono puede ser detectado por medio de detectores de monóxido de carbono, detectores multigases, o por análisis químicos. Debido a que el CO es ligeramente más liviano que el aire, mantenga su detector portátil al nivel del tórax.

**Cómo hacer pruebas:** Durante cualquier exploración de cuadrilla, pruebe tan frecuen-

te como sea necesario determinar el contenido de CO de la atmósfera. Haga esto específicamente si se sospecha que hay un incendio.

**Significado de los Hallazgos:** La presencia de CO por un periodo de tiempo continuado indica definitivamente que hay un incendio en algún lugar de la mina.

**Explosividad:** El CO puede ser explosivo al acumularse arriba de 120,000 ppm, lo cual se podría dar como producto de un incendio grande, en un área confinada o sellada sin ningún flujo de ventilación o descarga de gases.

## Óxidos de Nitrógeno

Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)

**Gravedad específica:** 1.5894

**Rango Explosivo e Inflamabilidad:** El NO<sub>2</sub> no arderá ni explotará.

**Riesgo para la Salud:** Los óxidos de nitrógeno son altamente tóxicos. El respirar, aún pequeñas cantidades irritará su garganta.

Cuándo se mezcla con la humedad en sus pulmones, forman ácidos que corroen sus vías respiratorias y provoca que se hinchen. A menudo, dichos síntomas no se muestran hasta varias horas después de que usted está expuesto al gas.

La exposición entre 0.01% y 0.015% puede ser peligroso por aún exposiciones cortas, y de 0.02% al 0.07% puede ser fatal en exposiciones cortas. Si la exposición ha sido severa, la víctima puede morir, literalmente por el agua que ha entrado a los pulmones desde el cuerpo, en un intento de reaccionar los efectos corrosivos de los ácidos formados por los óxidos de nitrógeno.

**Solubilidad:** Solubilidad muy ligera en agua.

## Óxido Nítrico (NO)

**NOTA:** El óxido nítrico no existe en grandes cantidades en el aire debido a que se combina rápidamente con el oxígeno (oxida) para formar óxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>).

*Color / Olor / Sabor:* Los óxidos de nitrógeno no tienen color en concentraciones bajas y llegan a formarse café rojizo en concentraciones altas. Huelen y saben cómo humo de pólvora.

*Causa u Origen:* Los óxidos de nitrógeno son producidos por incendios, detonación y quemazón de explosivos. También son emitidos de los motores diésel. En la presencia de arcos o chispas eléctricas, el nitrógeno se combina en el aire con el oxígeno (se oxida) para formar óxidos de nitrógeno.

*Dónde se encuentra:* Debido a que son más pesados que el aire, los óxidos de nitrógeno tienden a reunirse en los lugares bajos de la mina. Pueden ser encontrados cuando desperfectos eléctricos producen arcos o chispas, y después de operaciones de voladura.

*Métodos de detección:* Para hacer pruebas de óxido de nitrógeno, usted puede usar un detector de óxido de nitrógeno, un detector multigases, o un análisis químico. Mantenga los detectores portátiles a la altura de las rodillas. Su característica café rojizo puede ser otra indicación de que hay óxido de nitrógeno.

*Cuándo hacer pruebas:* Haga pruebas de óxidos de nitrógeno después de un incendio o explosión o después de la detonación de explosivos. Dado que la emisión de diésel es una fuente de estos gases, revise en las áreas donde operan equipos que usan diésel.

*Significado de los Hallazgos:* Las lecturas de NO<sub>2</sub> podrían indicar que ha habido un incendio o que se están quemando explosivos. Un mal funcionamiento de equipo eléctrico que produzca arcos o chispas podría también ser la fuente. Si el equipo diésel está causando las lecturas elevadas de NO<sub>2</sub>, eso indica que la ventilación es inadecuada.

## Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S), también conocido como Hidrógeno Sulfurado y Ácido Sulfhídrico

*Gravedad Específica:* 1.1906

*Rango Explosivo e Inflamabilidad:* El sulfuro de hidrógeno es inflamable y explosivo en concentraciones de 4.3% a 45.5% en aire normal. Es más explosivo a un 14.2%.

*Riesgo para la Salud:* El sulfuro de hidrógeno es uno de los gases más venenosos conocidos. En bajas concentraciones (0.005% a 0.010%) el sulfuro de hidrógeno provoca inflamación de los ojos y vías respiratorias. Las concentraciones un poco más altas (0.02% a 0.07%) pueden llevar a una bronquitis, o neumonía. Concentraciones más altas (0.07% a 0.10%) pueden causar una rápida pérdida del sentido, paro respiratorio y la muerte. Del 0.10% a 0.20% o más puede causar una muerte rápida.

*Solubilidad:* Si es soluble en agua.

*Color / Olor / Sabor:* El sulfuro de hidrógeno no tiene color, tiene olor a huevo podrido y un ligero sabor dulce.

*Causa u Origen:* El sulfuro de hidrógeno es producido cuando los compuestos de sulfuro se descomponen. Es encontrado en ciertos campos de aceite y gas y en algunas minas de yeso. También puede ser liberado por los alimentadores de metano en minas con metano.

El sulfuro de hidrógeno es a menudo liberado cuando el agua ácida de mina contiene el gas en solución. El calentar los sulfuros en medio de humedad (cómo en incendios de mina) puede producir el gas también.

*Dónde se encuentra:* El sulfuro de hidrógeno es encontrado en lugares bajos de la mina debido a que es un gas relativamente pesado. Es a menudo, también encontrado en volúmenes de agua.

En algunas minas, puede ser encontrado cerca de pozos de aceite o gas. El sulfuro de hidrógeno puede ser detectado también durante incendios de mina. Dado que es un gas soluble en agua, el sulfuro de hidrógeno es con frecuencia liberado del agua en áreas selladas de la mina cuando las cuadrillas de recuperación caminan a través del agua o al empezar las operaciones de bombeo.

*Métodos de detección:* Usted puede hacer pruebas de sulfuro de hidrógeno con un detector de sulfuro de hidrógeno, un detector de gases múltiples y por análisis químico. Debido a que el  $H_2S$  es relativamente pesado, mantenga su detector portátil abajo de la cintura.

Usted puede reconocer el  $H_2S$  por su olor distintivo a huevos podridos. Sin embargo, la exposición continua al gas anulará su sentido del olfato, así que éste puede no ser siempre un método de detección confiable. La irritación de los ojos es otra indicación de que el sulfuro de hidrógeno está presente.

*Cuándo hacer pruebas:* Haga pruebas del sulfuro de hidrógeno en áreas pobremente ventiladas de la mina, durante las operaciones de quitar los sellos, y después de incendios

*Significado de los Hallazgos:* Una acumulación del sulfuro de hidrógeno podría indi-

car que la ventilación es inadecuada. Puede también ser producida por fugas de un pozo de petróleo o de gas. La presencia del sulfuro de hidrógeno pudiera también indicar una acumulación excesiva de agua en áreas selladas o inaccesibles de la mina.

## **Dióxido de Azufre ( $SO_2$ )**

*Gravedad específica:* 2.2638

*Rango Explosivo e Inflamabilidad:* No arderá ni explotará.

*Riesgos para la Salud:* El dióxido de azufre es un gas muy tóxico, irritante y que es peligroso aún en pequeñas concentraciones. De un rango de 0.04% al 0.05% es peligroso para la vida.

Aún muy pequeñas cantidades del dióxido de azufre (0.001% o menos) irritarán sus ojos y vías respiratorias. Concentraciones más grandes pueden causar daño severo de los pulmones y pueden causar paro respiratorio y la inhabilidad completa para respirar.

*Solubilidad:* Altamente soluble en agua. (El dióxido de azufre es uno de los gases más solubles encontrados en las minas).

*Color / Olor / Sabor:* El dióxido de azufre no tiene color, pero tiene un sabor amargo, ácido y fuerte olor sulfuroso.

*Causa u Origen:* El dióxido de azufre puede ser producido por voladuras en metales de sulfuro y por incendios que contienen piritas ferrosas (comúnmente conocida como "el oro de los tontos"). El dióxido de azufre puede ser liberado durante la quema de algunos combustibles diésel y por explosiones de metal sulfuroso y polvoso.

*Dónde se encuentra:* Debido a que es relativamente pesado, el dióxido de azufre

tiende a juntarse en lugares bajos de la mina y cerca de fosas. Puede esperar encontrarlo después de algunos incendios o explosiones.

*Otra información:* Debido a su alta gravedad específica, el dióxido de azufre es difícil para ser dispersado por la ventilación.

*Métodos de detección:* Usted puede hacer pruebas de dióxido de azufre por medio de un detector de gases múltiples o análisis químico. Debido a que el dióxido de azufre es un gas relativamente pesado, mantenga sus detectores portátiles abajo de las rodillas.

El olor y sabor distintivo del dióxido de azufre, la irritación de las vías respiratorias y de los ojos que usted experimentará cuando esté expuesto a él, son también indicadores confiables de su presencia.

*Cuándo hacer pruebas:* Debido a que es altamente soluble en agua, haga pruebas cuando el agua estancada es agitada. Haga pruebas de este gas después de incendios o explosiones, y cuando las áreas selladas de la mina sean abiertas después de incendio.

*Significado de los Hallazgos:* Las lecturas altas de  $\text{SO}_2$  podrían indicar un incendio de mina o una explosión de polvo de metal sulfúrico.

### Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ )

*Gravedad Específica:* 1.5291

*Rango Explosivo e Inflamabilidad:* El dióxido de carbono no arderá ni explotará.

*Riesgo para la Salud:* El aire normal contiene alrededor del 0.03% de dióxido de carbono. Cuando está presente en concentraciones altas (2% o más altas), el dióxido de carbono le provoca que respire más profundo y más rápido.

Respirar aire conteniendo un 5% de dióxido de carbono aumenta la respiración en un 300%, causando dificultad al respirar. Respirando aire conteniendo 10% de dióxido de carbono causa un jadeo violento y puede conducir a la muerte.

*Solubilidad:* El dióxido de carbono es soluble en agua.

*Color/Olor/Sabor:* El dióxido de carbono no tiene color ni olor. Las altas concentraciones pueden producir un sabor ácido.

*Causa u Origen:* El dióxido de carbono es un componente normal del aire. Es un producto de una combustión completa, se produce también durante una explosión con explosivos y es un subproducto del proceso de respiración.

Los incendios, explosiones y las operaciones de voladura producen  $\text{CO}_2$ . En algunas minas, es liberado del estrato rocoso.

*Dónde se encuentra:* Debido a que es relativamente pesado, el  $\text{CO}_2$  será encontrado en grandes concentraciones a lo largo del piso y en lugares bajos en la mina. Con frecuencia, también aparece en trabajos abandonados, durante incendios, y después de explosiones o detonaciones de explosivos.

*Métodos de detección:* Usted puede usar un detector de dióxido de carbono, o un detector mutigases, o análisis químico para hacer pruebas. Para muestrear el  $\text{CO}_2$ , mantener el detector portátil entre la cintura y rodillas.

*Cuándo hacer pruebas:* Haga pruebas de  $\text{CO}_2$  después de un incendio o explosión. También haga pruebas cuando esté entrando a un área inactiva de la mina o reabriendo un área sellada.

**Significado de los Hallazgos:** Lecturas elevadas de  $\text{CO}_2$  pueden indicar que un incendio o explosión ha sucedido en algún lugar en la mina. Lecturas altas pueden también indicar una atmósfera deficiente de oxígeno.

## Metano ( $\text{CH}_4$ )

**Gravedad específica:** 0.5545

**Rango Explosivo e Inflamabilidad:** El metano es inflamable. Su rango explosivo es del 5% al 15% cuando hay, cuando menos 12.1% de oxígeno en el aire. El metano, es sin embargo, más explosivo en el rango de 9.5% al 10%.

El rango explosivo del metano no es una medida absoluta de seguridad. Hay otros factores que se deben considerar. Por ejemplo, la presencia de otros gases combustibles con rangos explosivos más amplios o puntos de ignición más bajos que el metano pueden resultar en una mezcla explosiva más alta.

**Riesgo para la Salud:** El metano no es tóxico. Sin embargo, en altas concentraciones puede causar asfixia por la baja del contenido de oxígeno en el aire normal. El aspecto más peligroso del metano es el hecho de que es explosivo.

**Solubilidad:** Ligeramente soluble en agua.

**Color / Olor / Sabor:** Sin ninguno de ellos.

**Causa u Origen:** El metano puede ser liberado por el estrato en minas metálicas y no metálicas cuando el esquisto carbonífero es penetrado, y ocasionalmente cuando la roca carbonífera es contactada o está en la cercanía.

El metano puede producirse también en

cantidades grandes por estallidos de roca repentinos en algunas minas.

**Donde se encuentra:** Debido a que el metano es relativamente ligero, se junta en lugares altos, así que se puede encontrar en las partes altas de las minas. Puede también encontrarlo en áreas recientemente minadas, en áreas con poca ventilación y en secciones abandonadas o fuera de operación de la mina.

Debido a que es un gas relativamente liviano (baja gravedad específica), el metano es usualmente fácil de dispersar y remover de la mina por medio de la ventilación.

**Métodos de detección:** Para hacer pruebas de metano, use un detector de metano o un análisis químico, recuerde que el metano es un gas liviano, así que debería mantener su detector portátil arriba de la cabeza.

**Dónde hacer pruebas:** En las minas donde el metano es posible; pruebe tantas veces como sea necesario durante la exploración para determinar el contenido de metano en el área. También se debe hacer pruebas de metano cuando la ventilación normal es interrumpida y cuando se ingrese a lugares abandonados o al remover o bombear agua de labrados viejos.

**Significado de los Hallazgos:** Si el metano está presente, es importante monitorearlo cuidadosamente debido a que es potencialmente explosivo si hay suficiente oxígeno presente en el ambiente. Si el metano existe en concentraciones potencialmente explosivas o en combinación con otros gases que se extienden a su rango explosivo, la cuadrilla debe abandonar la mina.

**Polvo de carbón:** Los polvos de carbón son partículas muy finas de la explotación de este mineral. Se acumula a lo largo de los túneles o galerías de las minas en techos, paredes y

pisos, siendo los sitios de carga y descarga de carbón los de mayor acumulación de este material. El polvo de carbón es combustible, en contacto con una chispa, se enciende de inmediato. El tamaño de las partículas determina el grado de riesgo, es decir, entre más pequeñas sean las partículas de este mineral, más posibilidad hay de que se presente una explosión dentro de la mina.

El polvo de carbón está formado por un pentágono de explosividad, este pentágono está compuesto por: polvo en suspensión, fuente de calor, combustible, oxígeno y confinamiento; para evitar una explosión hay que eliminar por lo menos uno de los factores del pentágono; es imposible evitar el oxígeno, el confinamiento, el polvo en suspensión y muy difícil, la fuente de calor, así que lo único y más práctico que se puede hacer es evitar "La acumulación de este polvo limpiando y barriendo frecuentemente la mina".

### **Hidrocarburos Pesados: (Etano $C_2H_6$ , Propano $C_3H_8$ , Butano $C_4H_{10}$ )**

#### *Gravedad específica:*

Etano 1.0493  
Propano 1.5625  
Butano 2.0100

#### *Rango explosivo e Inflamabilidad:*

Etano de 3% a 12.5% en aire normal  
Propano de 2.12% a 9.35% en aire normal  
Butano de 1.6% a 8.41% en aire normal

*Riesgos para la Salud:* Estos gases no son tóxicos. En altas concentraciones pueden desplazar suficiente oxígeno para causar la muerte por asfixia, pero rara vez los hallará en concentraciones altas en las minas.

*Solubilidad:* Los tres son ligeramente solubles en agua.

*Color / Olor / Sabor:* Sin ninguno de ellos (los tres). En ciertas concentraciones, el

propano y el butano pueden producir un olor "gaseoso" característico. El etano no tiene olor.

*Causa u Origen:* Después de incendios en la mina, las pequeñas concentraciones de estos gases son a menudo detectadas junto con el metano en minas. Algunas veces pueden escapar de pozos de petróleo o gas.

*Método de detección:* Usted puede detectar el etano, propano y butano con un detector portátil o por análisis químico. Debido a que estos gases son relativamente pesados, mantenga su detector portátil abajo cuando haga pruebas.

*Cuándo hacer pruebas:* Haga pruebas de estos gases después de incendios o explosiones cuando el metano está presente. También debería hacer pruebas de hidrocarburos pesados si envases de aceites o gas son accidentalmente introducidos durante las operaciones de la mina.

*Significado de los Hallazgos:* En concentraciones significativas, los hidrocarburos pueden extender el rango explosivo del metano, si la mina tiene metano. Las lecturas elevadas podrían indicar que ha habido una explosión por metano, si esto es posible en la mina, o que hay fugas de un pozo adyacente de gas o de aceite.

### **Acetileno ( $C_2H_2$ )**

*Gravedad específica:* 0.9107

*Rango Explosivo e Inflamabilidad:* El acetileno es combustible, pero no apoyará la combustión. Su rango explosivo en aire normal es de 2.5% al 80%.

*Riesgo para la Salud:* El acetileno es ligeramente tóxico. En concentraciones altas, puede causar asfixia al mermar el oxígeno en la atmósfera.

*Solubilidad:* Muy ligeramente soluble en agua.

*Color / Olor / Sabor:* El acetileno no tiene color ni sabor. Tiene un ligero olor a ajo.

*Causa u Origen:* El acetileno se forma cuando el metano es quemado o calentado en aire con bajo contenido de oxígeno.

*Dónde se encuentra:* El acetileno es encontrado después de explosiones de metano en aire con un bajo contenido de oxígeno.

*Método de Detección:* Haga pruebas de acetileno con un detector de gases múltiple o análisis químico. Puede también reconocerlo por su característico olor a ajo. Dado que la gravedad específica del acetileno no está cerca de la del aire normal, mantenga los detectores portátiles al nivel del tórax.

*Cuándo hacer pruebas:* Haga pruebas de acetileno después de una explosión por metano en aire que es deficiente en oxígeno.

*Significado de los Hallazgos:* La presencia del acetileno podría indicar una explosión ha tenido lugar en un área con un bajo contenido de oxígeno, como un área sellada.

## Hidrógeno (H<sub>2</sub>)

*Gravedad Específica:* 0.0695

*Rango Explosivo e Inflamabilidad:* El hidrógeno es un gas altamente explosivo. El aire conteniendo de 4% al 74.2% explotará aun cuando haya tan poco como un 5% de oxígeno presente. Explosiones muy violentas son posibles cuando el aire contiene más de 7% a 8% de hidrógeno. La presencia de pequeñas cantidades de hidrógeno aumentan en gran manera el rango explosivo de otros gases.

*Riesgos para la Salud:* En altas concentraciones, el hidrógeno puede reemplazar al oxígeno en el aire y actuar como un asfixiante.

El aspecto más riesgoso del hidrógeno, sin embargo, es el hecho de que es altamente explosivo.

*Solubilidad:* No es soluble en agua.

*Color / Olor / Sabor:* Sin ninguno de ellos.

*Causa u Origen:* El hidrógeno es producido por la combustión incompleta de materiales de carbón durante incendios ó explosiones. También puede ser liberado cuando el agua o vapor tienen contacto con materiales calientes de carbón durante el combate de incendios. La recarga de baterías produce hidrógeno también.

*Dónde se encuentra:* Usted puede esperar encontrar hidrógeno en la cercanía de estaciones de recarga de baterías, dónde se han detonado explosivos y después de explosiones. Como el hidrógeno es un gas relativamente liviano, tiende a acumularse en lugares altos de la mina.

*Método de detección:* El hidrógeno puede ser detectado con un detector multigases, o por medio de análisis químico. Se debe mantener el detector portátil por encima de la cabeza, pegándolo al cielo de las obras mineras.

*Cuándo hacer pruebas:* Haga pruebas de hidrógeno después de un incendio explosión y cerca de las estaciones de recarga de baterías en la mina.

*Significado de los Hallazgos:* La presencia de hidrógeno podría indicar que un incendio o explosión ha ocurrido. El combate de incendio con agua o espuma podrían producir el hidrógeno también. Las lecturas elevadas podrían indicar también que hay una ventilación inadecuada alrededor de las estaciones de recarga de baterías.

## HUMO

**Objetivo:** Los miembros de la cuadrilla identificarán la composición, propiedades físicas y características del humo, gases de estrato rocoso y las humedades.

**NOTA:** Quizás quiera mencionar que el humo de bandas transportadoras o aislante de cable contiene también sustancias tóxicas producidas por la descomposición del neopreno. Estas son muy tóxicas cuando se inhalan. Para más información sobre estos gases, refiérase al módulo: Incendios, su combate, y explosiones. El humo es un resultado de la combustión. Consiste de partículas muy pequeñas de materia sólida y líquida suspendida en el aire. Las partículas en el humo son usualmente hollín o carbón y sustancias parecidas al alquitrán tal como los hidrocarburos.

Aunque el humo puede irritar sus pulmones cuando lo inhala, normalmente se considera no asfixiante. Sin embargo, el humo contiene usualmente monóxido de carbono y otros gases tóxicos o asfixiantes producidos por los incendios. A esto se debe que sea tan peligroso inhalar el humo.

También, si hay una cantidad suficiente de hidrocarburos en el aire, pueden hacer el humo explosivo.

Además de los peligros comprendidos en la inhalación del humo y su potencial de explosión, el humo es también dañino en otra forma importante: La presencia del humo limita su visibilidad. Este único factor añade un elemento extra de dificultad a cualquier operación de rescate o recuperación.

## PROPIEDADES DE LOS PRINCIPALES GASES EN MINAS SUBTERRÁNEAS

Gas	Formula Química	Monitoreo	Peso Específico	TLV 8 hrs	Rango Explosividad	Peligros a la salud	Fatal Instantáneo	No abrir barricadas
Aire		Ombiligo	1					
Monóxido de Carbono	CO	Pecho	0.9672	25 ppm	12.5 a 74.2%	Altamente tóxico Puede ser asfixiante	Más de 4000 ppm	1200 ppm
Metano	CH <sub>4</sub>	Arriba Cabeza	0.5545	-1%	5 al 15%	Altamente explosivo Asfixiante arriba 12%	Más del 25%	20 ppm
Óxidos Nítricos	NO <sub>2</sub>	A las Rodillas	1.5894	3 ppm		Altamente tóxico Corrosivo S. Respiratorio	Más de 100 ppm	
Oxígeno	O <sub>2</sub>	Cintura	1.1054	19.5%			6%	17%
Hidrógeno Sulfurado	H <sub>2</sub> S	Abajo Cintura	1.1906	10 ppm	4.3 a 45.5%	Altamente tóxico Es explosivo	Más de 1000 ppm	110 ppm
Dióxido de Azufre	SO <sub>2</sub>	Abajo Rodillas	2.2638	5 ppm		Altamente tóxico Puede ser asfixiante	Más de 1000 ppm	100 ppm
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	Entre cintura y rodillas	1.5291	4000 ppm		Respiración profunda Jadeos	Más de 15000 ppm	4000 ppm
Acetileno	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Cara	0.9107		2.5 a 80%	Jadeos, mareo, pérdida de conocimiento		
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	Arriba Cabeza	0.0695		4 a 74%	Asfixiante Altamente explosivo		

## ORIGEN, RIESGOS A LA SALUD Y DETECCIÓN DE LOS PRINCIPALES GASES EN MINAS SUBTERRÁNEAS:

METANO (CH <sub>4</sub> )	
Gravedad específica: 0,5545 Rango explosivo: 5 a 15% en aire contenido cuando menos 12.1% de oxígeno	<b>Otras propiedades</b> Color: ninguno Olor: sulfuroso Sabor: amargo, ácido
<b>Peso Relativo</b> 	<b>Causa u Origen</b> Puede ser producido por: 1. El estrato cuando el esquistos carbonífero es penetrado 2. Ocasionalmente cuando la roca carbonífera es contactada o está en la cercanía 3. Los alimentos de algunas vetas de arcilla 4. La descomposición de bloques de madera 5. Cuando el agua es removida de la mina
	<b>Riesgos a la salud</b> No es tóxico. Puede causar asfixia en concentraciones altas. El aspecto más peligroso es el hecho de que es explosivo
	<b>Detección</b> Use un detector de metano o análisis químico. Mantenga los detectores arriba de la cabeza. Pruebe cuando la ventilación normal es interrumpida y al entrar a lugares abandonados

MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	
Gravedad específica: 0,9672 Rango explosivo: 12.5 a 74% en aire normal	<b>Otras propiedades</b> Color: ninguno Olor: ninguno Sabor: ninguno
<b>Peso Relativo</b> 	<b>Causa u Origen</b> Producido por la combustión incompleta de materiales de carbono, por incendios de mina y explosiones, quema o detonaciones de explosivos y por los motores de combustión interna
	<b>Riesgos a la salud</b> Extremadamente tóxico aún en concentraciones bajas. Interfiere con la capacidad de la sangre para llevar oxígeno. Primer síntoma: tensión en la frente. Efectos acumulativos al paso del tiempo. Si se expone a concentraciones altas, usted experimenta muy pocos síntomas antes de perder el sentido
	<b>Detección</b> Puede ser detectado por medio de un detector de CO, detector de gases múltiples, análisis químico. Mantenga el detector al nivel del tórax. Pruebe tan seguido como sea necesario durante la exploración de la cuadrilla.

<b>OXÍGENO (O<sub>2</sub>)</b>	
<p>Gravedad específica: 1.1054 Rango explosivo: Apoya la combustión</p> <div style="text-align: center;"> <p><b>Peso Relativo</b></p> </div>	<p><b>Otras propiedades</b></p> <p>Color: ninguno Olor: ninguno Sabor: ninguno</p> <hr/> <p><b>Causa u Origen</b></p> <p>El aire contiene 21% de oxígeno. El oxígeno es necesario para la vida. La deficiencia de oxígeno es causada por la respiración de humanos en espacios confinados, ventilación insuficiente, desplazamiento por otros gases, o consumo por incendios o explosión.</p> <hr/> <p><b>Riesgos a la salud</b></p> <p>Deficiencia de oxígeno 17% Jadeo 15% Tensión en la frente malestar de cabeza, mareo 9% Inconciencia 6% Muerte</p> <hr/> <p><b>Detección</b></p> <p>Use ya sea un indicador de oxígeno, lámpara de seguridad no inflamable, o análisis químico. Mantenga sus detectores portátiles a la altura de la cintura. Haga pruebas de deficiencia de oxígeno tan frecuentes como sea necesario durante la exploración de la cuadrilla.</p>

<b>SULFURO DE HIDRÓGENO (H<sub>2</sub>S)</b>	
<p>Gravedad específica: 1.1906 Rango explosivo: 4.3 a 45.5% en aire normal</p> <div style="text-align: center;"> <p><b>Peso Relativo</b></p> </div>	<p><b>Otras propiedades</b></p> <p>Color: ninguno Olor: huevo podrido Sabor: ligero sabor dulce</p> <hr/> <p><b>Causa u Origen</b></p> <p>Producido cuando los compuestos de sulfuro se descomponen. Encontrando en ciertos campos de petróleo y gas y en algunas minas de yeso. Puede ser liberado de:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alimentadores de metano</li> <li>2. Cuando el agua ácida de la mina corroe los sulfuros metálicos del agua de mina que contiene el gas en solución</li> <li>3. Cuando los sulfuros son calentados en presencia de la humedad</li> <li>4. Cuando los minerales del sulfuro son volados</li> </ol> <hr/> <p><b>Riesgos a la salud</b></p> <p>Extremadamente venenoso, de 0.005 a 0.010% causa inflamación de los ojos y de la vía respiratoria, de 0.02 a 0.07% puede conducir a la bronquitis o neumonía, de 0.07 a 0.20% puede causar una rápida pérdida del sentido, dejar de respirar y la muerte, de 0.10 a 0.20% o más puede causar una muerte rápida.</p> <hr/> <p><b>Detección</b></p> <p>Use un detector de sulfuro de hidrogeno, detector de gases múltiples o análisis químico. Mantenga el detector por debajo de la cintura. Revise áreas pobremente ventiladas de la mina durante operaciones de quitar sellos y después de incendios en la mina.</p>

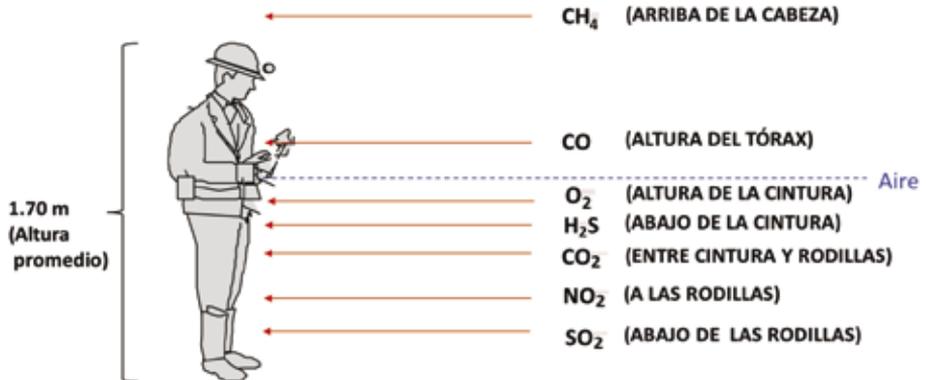
DIÓXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> )	
Gravedad específica: 1.5291 Rango explosivo: No explosivo	<b>Otras propiedades</b> Color: ninguno Olor: ninguno Sabor: las concentraciones altas pueden producir un sabor ácido
<div style="text-align: center;"> <b>Peso Relativo</b>  </div>	<b>Causa u Origen</b> El CO <sub>2</sub> es un componente normal del aire. Producto de la combustión completa. Es también producido por: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Oxidación</li> <li>2. Por la descomposición de bloques (de madera)</li> <li>3. Como un subproducto de la respiración</li> <li>4. Durante incendios, explosiones y voladura.</li> </ol>
	<b>Riesgos a la salud</b> En altas concentraciones, el CO <sub>2</sub> aumenta el ritmo de la respiración. Puede causar la muerte
	<b>Detección</b> Use un detector de dióxido de carbono, detector de gases múltiples o análisis químico. Mantenga el detector entre la cintura y rodillas. Pruebe después de un incendio o explosión y al entrar en un área inactiva de la mina al reabrir un área vieja o sellada.

OXIDO DE NITRÓGENO (NO <sub>x</sub> )	
Gravedad específica: 1.5894 Rango explosivo: No explosivo	<b>Otras propiedades</b> Color: café rojizo Olor: humo de pólvora Sabor: humo de pólvora
<div style="text-align: center;"> <b>Peso Relativo</b>  </div>	<b>Causa u Origen</b> Puede ser producido por: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Incendios</li> <li>2. Detonaciones y quema de explosivos</li> <li>3. Motores diesel</li> <li>4. En la presencia de arcos eléctricos o chispas, el nitrógeno en el aire se combina con el oxígeno (se oxida) para formar óxidos de nitrógeno</li> </ol>
	<b>Riesgos a la salud</b> Muy tóxico, aún en pequeñas cantidades irritarán su garganta. Se mezcla con la humedad en los pulmones para formar ácidos que corroen las vías respiratorias y provocan que se inflamen. La explosión a 0.01 al 0.015% es peligrosa. La exposición al 0.02 al 0.07% puede ser fatal.
	<b>Detección</b> Detector de dióxido de nitrógeno, detector de gases múltiples, análisis químico, color. Pruebe después de un incendio o explosión y después de la detonación de explosivos. Pruebe en áreas donde el equipo diesel sea encontrado. Use el detector a la altura de las rodillas

DIÓXIDO DE AZUFRE (SO <sub>2</sub> )	
<p>Gravedad específica: 2.2638 Rango explosivo: No arderá ni explotará</p> <div style="text-align: center;"> <p><b>Peso Relativo</b></p> </div>	<p><b>Otras propiedades</b> Color: ninguno Olor: sulfuroso Sabor: amargo, ácido</p> <hr/> <p><b>Causa u Origen</b> Puede ser producido por: 1. Voladuras en mineral de sulfuro y por incendios contenido pirita ferrosa 2. Durante la quema de algunos combustibles diesel 3. Explosiones de sulfuros</p> <hr/> <p><b>Riesgos a la salud</b> Muy tóxico, peligroso aún en concentraciones pequeñas</p> <hr/> <p><b>Detección</b> Use un detector de gases múltiples o análisis químico. Pruebe por abajo, de las rodillas y cerca de fosas durante operaciones de quitar sellos y después de incendios o explosiones en la mina</p>

## MONITOREO DE GASES

GAS	PESO ESPECÍFICO
METANO	0.5545
MONÓXIDO DE CARBONO	0.9672
AIRE = 1	
OXÍGENO	1.1054
HIDRÓGENO SULFURADO	1.1906
DIÓXIDO DE CARBONO	1.5291
OXIDOS DE NITRÓGENO	1.5894
DIÓXIDO DE AZUFRE	2.2638



**NOTA:** El aire normal es la referencia para el peso específico de los gases, este tiene un valor de uno (1) y su muestreo es a la altura del ombligo.

## EQUIPO PARA DETECCIÓN DE GASES

Los equipos para detección de gases comúnmente usados por las cuadrillas de rescate son los detectores de gas portátiles, los cuales pueden ser para un sólo gas o mutigases, estos generalmente son para cuatro gases. También se utilizan bombas con tubos de succión para muestreo del aire, tipo jeringa.

Detectores portátiles de oxígeno e hidrógeno sulfurado



Detector mutigases portátil



Bomba y tubos para muestreo del aire



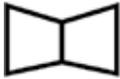
## SIMBOLOGÍA DE GASES EN MINAS



Prueba de Gases



Dirección del Flujo del Aire



Ventilador



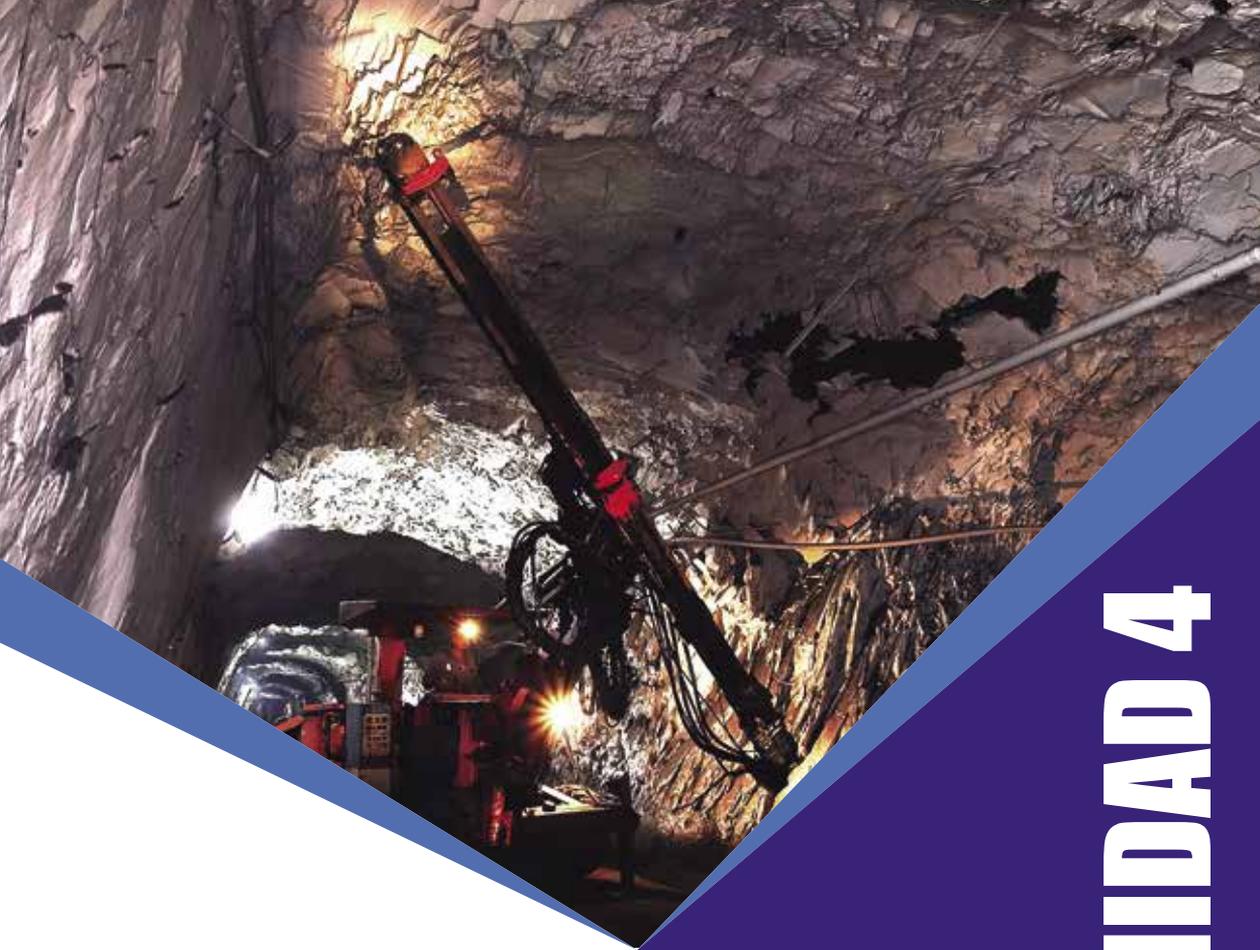
Ventilador con Mangas o  
Tubos de Ventilación



Mezcla de Gases



Humo



# UNIDAD 4

## VENTILACIÓN EN MINAS

---



CAMIMEX



## OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD

Los integrantes de las cuadrillas de rescate entenderán como el aire es dirigido a través de las obras mineras, así como el propósito y los métodos de ventilación para aplicar las medidas necesarias de acuerdo con la emergencia que se presente durante un incendio o explosión.

## INTRODUCCIÓN

Como miembros de la cuadrilla de rescate, deben de estar familiarizados con la ventilación de la mina en la que están trabajando. Deben conocer lo básico acerca de métodos y controles de ventilación, así como construir mamparas o tapones de control.

Durante la exploración de la mina, la cuadrilla estará revisando las condiciones del sistema de ventilación a medida que se va explorando. Se pueden encontrar controles (tapones, puertas, cortinas, ventiladores) que han sido destruidos o alterados. La responsabilidad inicial será reportar estas condiciones a la base de aire fresco, para que de ahí se informe al centro de mando. Bajo ninguna circunstancia deben alterar la ventilación sin la autorización del centro de mando.

El centro de mando debe tomar decisiones de acuerdo con la información que está recibiendo de la base de aire fresco, de ahí que es muy importante que la cuadrilla haga una buena evaluación de la ventilación que encuentre para que el centro de mando indique lo que se debe hacer y dónde, ya que ahí cuentan con los planos y medidas de los volúmenes de aire que alimentan las áreas operativas de la mina.

## PRINCIPIOS DE VENTILACIÓN EN MINAS

El principio básico de la ventilación de la mina es que el aire se mueve siempre de presiones altas a presión baja. Es por eso que para hacer que el aire fluya desde la entrada hasta la salida, debe haber una diferencia de presión. Si esta diferencia en la presión existe naturalmente entre dos vías de aire, entonces la mina tiene VENTILACIÓN NATURAL, este es uno de los métodos de ventilación en una mina, el otro método es la VENTILACIÓN MECÁNICA, es donde los ventiladores son usados para crear un diferencial de presión. En las minas, los ventiladores y extractores son los que crean una diferencia de presión, ya sea introduciendo aire a la mina, o bien, extrayéndolo de la misma.

La ventilación natural es muy raramente usada en las minas actualmente, ya que el diferencial de presión no es lo suficiente para crear el flujo de aire requerido y constante a las minas.

La ventilación mecánica utiliza los ventiladores para crear el diferencial de presión al cambiar la presión del aire en puntos específicos de la mina, entre más grande sea la diferencia de presión que crea un ventilador, el flujo de aire tiene mayor velocidad.

Para reforzar la seguridad de la cuadrilla mientras se encuentran explorando la mina, el ventilador principal (o ventiladores) deben ser monitoreados o custodiados (vigilados) por una persona autorizada para asegurarse de que está operando normalmente. Si el ventilador se detiene por algún motivo, pueden surgir condiciones peligrosas y la cuadrilla será sacada de la mina.

Este monitoreo o vigilancia debe garantizar que no habrá ninguna alteración en la operación del ventilador sin la orden del centro de mando.

## FLUJO DEL AIRE

El propósito de la ventilación de la mina es proveer un volumen de aire suficiente para dispersar y remover los gases dañinos, polvo, humo, vapores y proveer el oxígeno necesario. Cuando la mina está ventilada, el aire de superficie ingresa por la entrada principal y es dirigido o encauzado a las diferentes áreas de la mina por un sistema de controles de ventilación, estos controles dirigen el aire a ciertas direcciones y a ciertas velocidades, de tal forma que alcance los niveles o secciones de toda la mina.

Todo el aire regresado de los niveles o secciones es luego canalizado hasta la salida principal de la mina, los tiros y rampas son usados como las vías principales de entrada y salida del aire, por donde entra el aire es llamado “tiro o rampa de entrada”, y la vía de salida es referida como “el tiro o rampa de salida”. Algunas veces un tiro o rampa es utilizado para entrada y salida del aire, únicamente está dividido para evitar la mezcla del aire limpio con el sucio.

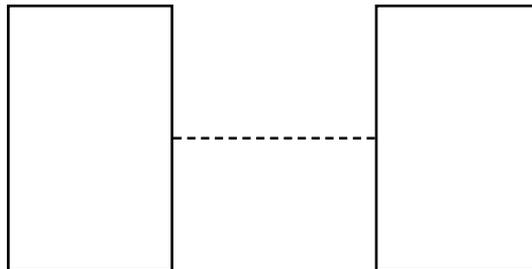
## CONTROLES DE VENTILACIÓN

Los controles de ventilación en mina son usados para distribuir apropiadamente el aire a todas las secciones de la mina, estos controlan la dirección del flujo y la cantidad de aire.

Se tienen varios controles de ventilación como: cortinas, puertas, puertas exclusas, reguladores, mamparas o tapones temporales y permanentes. A continuación se describen cada uno:

**Cortinas:** Son básicamente de trazo, lona o plástico, las cuales son colgadas del cielo de la obra y se pueden abrir para permitir el paso de mineros y del equipo, son usadas para desviar la corriente del aire dentro del

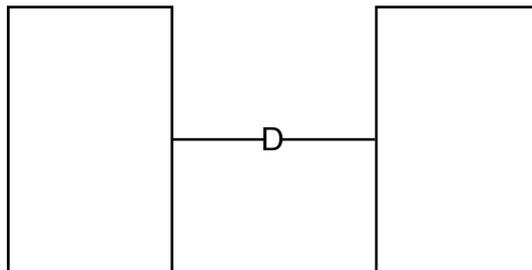
área de trabajo, pueden ser de una sola pieza o tener aberturas o dobleces empalmados. Están diseñadas para cerrar solas una vez que se pasó por ellas, de tal forma que continúen realizando su función de dirigir el aire hacia un lugar de trabajo.



**CORTINA DE CONTROL**

**Puertas:** Son usadas en las minas para controlar la ventilación, evitan el flujo del aire a lugares que no lo requieren, también pueden ser usadas para dividir el aire de dos atmósferas diferentes. Las puertas son usualmente colgadas en pares, formando un candado de aire que previene la pérdida de aire innecesario cuando una de las dos puertas es abierta. Las puertas deben estar siempre abiertas o cerradas, una a la vez, para mantener el control del flujo de aire.

En algunas minas cuentan con puertas en las ventanillas de los tiros y lugares estratégicos para controlar el flujo del aire en caso de un incendio, pueden ser cerradas y sirven como una barrera al incendio y al aire contaminado.



**PUERTAS DE CONTROL**

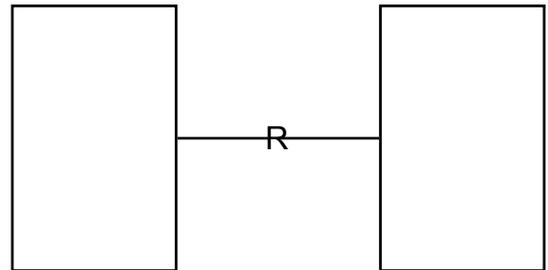
**Puertas exclusas:** Conocidas también como seguros de aire, son dos puertas o dos mamparas construidas aproximadamente unos 5 metros una de otra. El propósito de un candado de aire es separar dos atmósferas diferentes y permitir que la cuadrilla entre y salga sin mezclar las atmósferas. Para mantener el candado de aire, una puerta debe estar cerrada mientras que la otra puerta se abre. En una operación de rescate y recuperación, estos candados de aire son contruidos para establecer la base de aire fresco y permitir a las cuadrillas entrar y salir sin contaminar el aire limpio de la base de aire fresco.



**CORTINA DE CONTROL**

**Reguladores:** Se construyen para controlar y ajustar la cantidad del flujo de aire en un área de la mina. Una puerta entre abierta puede ser usada como un regulador, se puede abrir más o cerrar y el flujo cambia de acuerdo a las necesidades. También se puede construir una puerta o ventana corrediza en una mampara o tapón permanente para ajustar el flujo de aire cuando una de estas puertas reguladoras ha sido abierta para permitir el paso de los mineros o equipo, de-

ben cerrarse de inmediato una vez que se ha pasado, se debe dejar en la posición en la cual fue encontrada. Un regulador puede hacerse quitando bloques de una mampara permanente y el flujo de aire puede ser ajustado simplemente quitando o colocando más bloques. En la actualidad, los reguladores están fabricados sobre una estructura metálica, con puertas corredizas o una pequeña ventana que se abren manualmente.



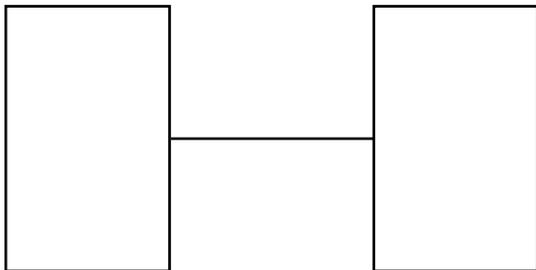
**REGULADORES**

**Mamparas o tapones temporales:** Son contruidos para avanzar temporalmente y dirigir el flujo del aire hasta que una mampara permanente se construye, usualmente son contruidas de madera, lona, cortinas o plásticos. En trabajos de rescate son usadas para avanzar la ventilación a medida que el trabajo de exploración o recuperación de la mina va progresando, así como para rescatar a personal que se encuentra atrás de una barricada protegiéndose de la atmosfera contaminada.

Hay mamparas especiales para usarse en trabajos de rescate de mina, las cuales son rápidas y fáciles de instalar ya que son inflables.

Al construir una mampara temporal, debe dejarse una distancia libre entre 1.20 y 1.80 m. para cuando se construya la mampara o tapón permanente. Estos tapones o mamparas deben construirse sobre un piso

parejo y una sección de la mina regular para un buen sellado.

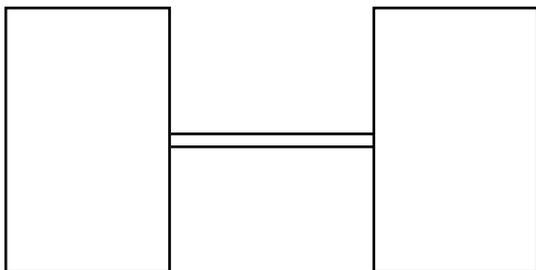


**TAPONES TEMPORALES**

**Mamparas o tapones permanentes:**

Tan pronto como sea posible después de que la ventilación ha sido restaurada en la mina, las mamparas permanentes deben de construirse reemplazando las temporales que se construyeron inicialmente para el control rápido de un incendio. Bajo circunstancias normales estas mamparas permanentes serán construidas en aire limpio, para que puedan ser construidas por cualquier cuadrillas de trabajo sin equipos de oxígeno autónomos.

Las mamparas permanentes son construidas con bloques de concreto, tabique, concreto, relleno de arena u otro material no combustible y deben sellarse muy bien contra el piso y tablas.



**TAPONES PERMANENTES**

## MEDICIÓN DE FLUJO, VOLUMEN Y CAUDAL DE AIRE

Conocer la velocidad, dirección y volumen del aire es muy importante debido a que con estos datos se pueden tomar acciones y estrategias para el control de la emergencia en mina por un incendio o explosión. Los integrantes de la cuadrilla deben saber cómo tomar las mediciones de la dirección y velocidad del aire y al reportar los datos a la base de aire fresco, en el centro de mando se realizarán los cálculos y se compararán con los normales y esto ayuda a tomar decisiones para el control de la emergencia.

Hay dos instrumentos comúnmente usados para medir el movimiento del aire son: anemómetro y tubo de humo.

El tubo de humo es usado principalmente para determinar en qué dirección se está moviendo el aire, generalmente es para flujos de baja velocidad y el anemómetro es usado para medir el movimiento del aire de mediana y alta velocidad.

Anemómetro, es un instrumento pequeño tipo de molino de viento con un contador mecánico para registrar el número de revoluciones causadas por la velocidad del aire. Es usado para medir las velocidades del aire arriba de 120 pies/min; hay tres tipos de anemómetros:

- Anemómetro de paleta, sirve para medir velocidades medias del aire, flujos entre 120 a 4,000 ft/min.
- Anemómetro digital de velocidad media o regular, mide flujos de aire entre 120 y 2,000 ft/min.
- Anemómetro digital de alta velocidad, es para velocidades de 2,000 a 10,000 ft/min.

Los anemómetros de paleta traen sus unidades de medida en pies y requieren de un cronómetro auxiliar para tomar el tiempo de un minuto de operación del anemómetro, de ahí que el resultado sea pies por minuto. Realmente este aparato mide PIES LINEALES DEL VIAJE DEL AIRE, y con el apoyo del cronómetro se determinará la VELOCIDAD DEL AIRE en pies/minuto.

Los anemómetros digitales traen sus unidades de medida tanto en pies como en metros y directamente nos dan la velocidad que lleve el aire al pasar el flujo por el anemómetro.

Para determinar el volumen del aire en una sección donde es tomada la lectura, se mide la sección de la obra y se calcula el ÁREA en metros cuadrados. El ÁREA es entonces multiplicada por la VELOCIDAD para obtener la cantidad de corriente de aire en metros cúbicos/min.

La velocidad mínima reglamentaria en las obras mineras en México es 15.24 metros/min (NOM-023-STPS-2012).

El volumen requerido por persona en minas subterráneas es de 1.5 metros cúbicos por minuto y para los equipos diésel es de 2.13 metros cúbicos por minuto por cada caballo de fuerza del equipo (NOM-023-STPS-2012).

**Ejemplo 1: Calcular el caudal de aire que pasa por una obra minera en metros cúbicos y pies cúbicos.**

Sección de la obra = 4.0 m x 5.0 m = (13.15 ft x 16.35 ft)

$A = 4 \times 5 = 20$  metros cuadrados = (13.15 x 16.35 = 215 pies cuadrados).

Velocidad del aire = 510 ft/min = (155.48 m./min)

Caudal (Q) = (Área)(Vel) = 20 m<sup>2</sup> x 155.48 m/min = 3,110 m<sup>3</sup>/min

Caudal (Q) = (Área)(Vel) = 215 ft<sup>2</sup> x 510 pies/min = 109,650 ft<sup>3</sup>/min

**Q = 3110m<sup>3</sup>/min = 109,650 ft<sup>3</sup>/min**

**Ejemplo 2: Calcular el volumen de aire que pasa por un contrapozo de ventilación en metros y pies cúbicos.**

Sección de contrapozo de ventilación D (Diámetro) = 1.83 metros = (6 pies)  
Velocidad del aire 2,100 m/min = 6,889.76 ft/min

$A = \text{Pi} \times r^2 = 3.1416 \times 0.9152 = 3.1416 \times 0.837 = 2.4 \text{ m}^2$

$A = \text{Pi} \times r^2 = 3.1416 \times 32 = 3.1416 \times 9 = 28.26 \text{ ft}^2$

$Q = AV = 2.4 \text{ m}^2 \times 2,100 \text{ m/min} = 5,040 \text{ m}^3/\text{min}$

$Q = AV = 28.26 \text{ ft}^2 \times 6,889.76 \text{ ft/min} = 194,704 \text{ ft}^3/\text{min}$

**Q = 5,040 m<sup>3</sup>/min = 194,704 ft<sup>3</sup>/min**



TUBO DE HUMO

## ANEMÓMETROS



ANEMÓMETRO DE PALETA



ANEMÓMETRO DIGITAL

### Método para medir la velocidad del aire en una sección longitudinal con tubo de humo

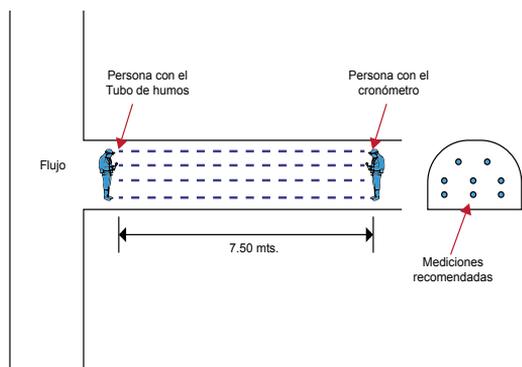
Mida una distancia en la obra donde se realizara la medición, se recomienda que sea un tramo recto y la sección lo más uniforme que se pueda. Enseguida marque una distancia de 7.50 m (25 ft), esta distancia es adecuada para la medición.

Indicarle a una persona que se coloque con el tubo del humo donde inicia la distancia que se marcó, debe ser en la parte contraria al flujo del aire; y el extremo final de la distancia marca se debe colocar otra persona con un cronómetro.

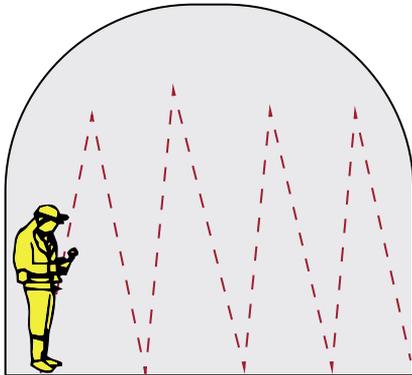
Después de ponerse de acuerdo y el cronómetro en cero, la persona con el tubo libera una nube de humo y la persona del cronómetro toma el tiempo que tarda la nube en recorrer los 7.50 m (25 ft).

Se deben tomar varias medidas (por lo general 8) tratando de cubrir toda la sección de la obra, estas medidas son tomadas separadamente y al final se saca un promedio, la medición más alta y la más baja eliminan y al resultado de las demás lecturas se les saca un promedio.

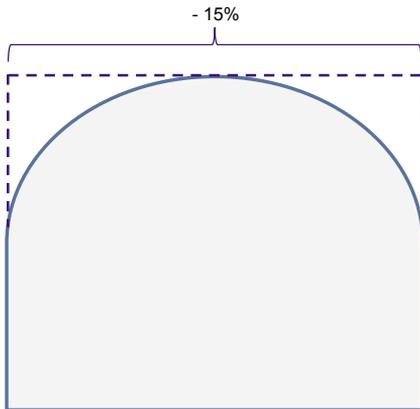
Croquis explicativo de estas mediciones:



Método para medir la velocidad del aire en una sección transversal con anemómetro

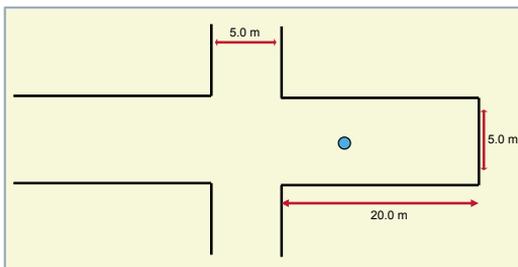


La medición se realiza en zig-zag y al final se saca un promedio de las lecturas de toda la sección

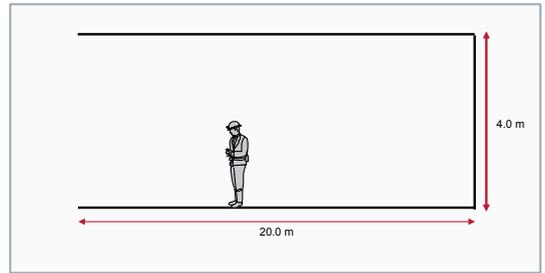


Se toma la lectura con el anemómetro en zig-zag tratando de cubrir toda la sección de la obra durante un minuto y al resultado final se le descuenta un 15%. Esto es debido a que la sección de la obra no es una figura regular. En el caso de obras circulares como los contrapozos, tiros o mangas de ventilación, no aplica esto.

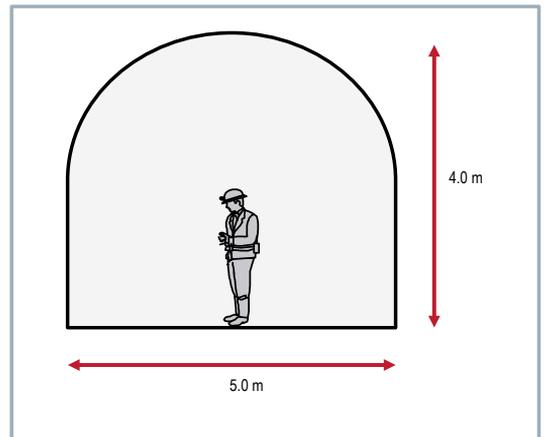
### VISTAS O SECCIONES DE UNA MINA



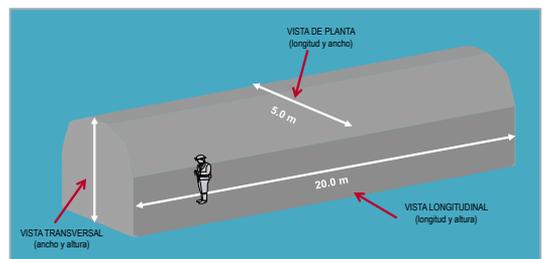
**Vista de Planta:** En esta vista se conocen las medidas de longitud y el ancho



**Longitudinal:** En esta vista se conocen las medidas de longitud y altura



**Transversal:** En esta vista se conocen las medidas de la altura y ancho



**Tercera Dimensión:** En esta vista se conocen las tres medidas, longitud, ancho y altura





# UNIDAD 5

## INCENDIOS EN MINAS SUBTERRÁNEAS

---



CAMIMEX



## OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD

Los integrantes de las cuadrillas de rescate entenderán las técnicas y procedimientos para combatir y controlar un incendio que se presente en una mina subterránea.

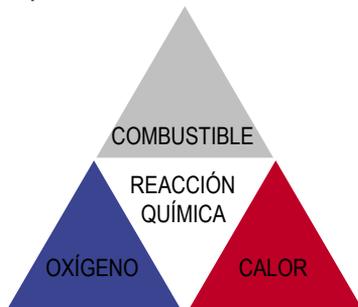
## INTRODUCCIÓN

Combatir un incendio en mina subterránea puede ser una de las actividades más riesgosas, no solamente porque producen gases tóxicos y calor, sino porque producen humo que impide la visibilidad, caídos de roca y deficiencia de oxígeno.

## INCENDIOS

La mayoría de los incendios son el resultado de una reacción química entre el combustible y el oxígeno en el aire, materiales tales como la madera, gas, aceite, grasa y muchos plásticos arderán cuando se enciendan en la presencia del aire, en cada caso tres elementos son necesarios al mismo tiempo para que ocurra un incendio: combustible, oxígeno, calor y por último la reacción química de los materiales que se estén quemando.

El triángulo del fuego está formado por los elementos: combustible, oxígeno y calor, estos tres elementos deben estar presentes al mismo tiempo para que el incendio ocurra, además de la reacción química de acuerdo al material que esté involucrado en el incendio.



Si cualquiera de estos elementos es removido del incendio, éste se apagará, más importante si uno de estos elementos falta, el incendio no se iniciará. Es por eso que para extinguir un incendio es necesario remover un elemento.

El combatir un incendio con agua remueve el calor, sellar el área de un incendio es otra forma de combatir al eliminar el oxígeno, retirando los materiales calientes del área de incendio se elimina el combustible.

Otra forma de extinguir un incendio es deteniendo la reacción química entre el combustible y el oxígeno, los extintores de polvo químicos secos operan sobre este principio, inhabilitan químicamente la oxidación del combustible.

**Combustible:** Se denomina combustible a cualquier sustancia capaz de arder. Dicha sustancia puede presentarse en estado sólido, líquido o gaseoso.

**Comburente:** El comburente (normalmente el oxígeno del aire) es el componente oxidante de la reacción.

**Calor:** El calor o energía de activación, es la energía que se requiere aportar para que el combustible y el comburente (oxígeno) reaccionen en un tiempo y espacio determinado.

En consecuencia, una buena exploración de la mina ayudará a evaluar la condición del incendio para tomar la decisión de cómo combatir el incendio.

## ¿QUE ES UN CONATO DE INCENDIO?

Conato, también conocido como fuego incipiente: Es un fuego en su etapa inicial que puede ser controlado o extinguido, mediante extintores portátiles, sistemas fijos contra incendio u otros medios de supresión convencionales, sin la necesidad de utilizar ropa y equipo de protección básico de bombero, tales como: chaquetón, botas, cascos o equipos de respiración, etc.



## ¿QUÉ ES EL FUEGO?

Es una reacción química, que consiste en: Un proceso de oxidación rápida que origina la combustión intensa de los materiales.

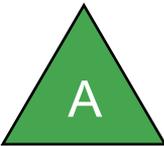
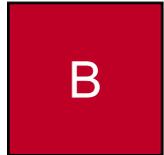
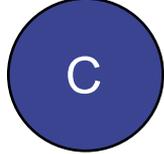
## ¿QUÉ ES UN INCENDIO?

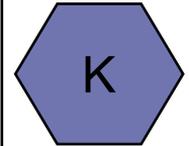
Un incendio ►► es un fuego fuera de control



Se considera fuego: cuando se produce o se maneja dentro de ciertos límites que permiten su control.

## CLASIFICACIÓN DE INCENDIOS:

TIPO Y SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Los incendios de la clase A involucran materiales combustibles ordinarios como madera, carbón, papel, plásticos, tela y textiles. La mejor manera de extinguir este tipo de incendios es enfriándolos con agua, o cubrirlos con polvo químico seco. Estos incendios de la clase A dejan ceniza.
	Los incendios de la clase B involucran líquidos combustibles o inflamables como gasolina, diésel, querosina o grasa. Estos incendios pueden ocurrir cuando los líquidos inflamables del equipo mecánico se derraman. La mejor manera de extinguir incendios de la clase B es excluyendo el aire o usar químicos de bióxido de carbono.
	Los incendios de la clase C son incendios eléctricos que típicamente involucran: motores eléctricos, cables, baterías, transformadores y circuitos eléctricos en general. La mejor manera de extinguir los incendios de la clase C es usar los agentes extintores de bióxido de carbono, o en su caso de polvo químico seco, no utilizar agua.

	<p>Los incendios de la clase D involucran, metales combustibles como: magnesio, titanio y potasio. Para extinguir estos incendios, no se utilizan los extintores normales, pues los empeoran. Sin embargo, la posibilidad de que un incendio de este tipo ocurra es escasa. Estos incendios se combaten con extintores de cloruro de sodio.</p>
	<p>Los incendios tipo K son aquellos producidos por los aceites usados en las cocinas de restaurantes (aceites y grasa animal o vegetal). La mejor manera de atacar este tipo de incendios es con extintores tipo "K" de acetato de potasio.</p>

## FORMAS DE CONDUCCIÓN DEL CALOR

El calor es la energía que traspasa de un sistema a otro o de un cuerpo a otro.

Existen tres formas de conducción de calor: **radiación, convección y conducción.**



**Radiación:** Es el calor emitido por un cuerpo debido a su temperatura, la radiación hace que por existir un cuerpo sólido o líquido de temperatura mayor que otro, se produzca inmediatamente una transferencia de calor de uno al otro. El fenómeno es a través de la transmisión de ondas electromagnéticas, emanadas por los cuerpos, cuanto mayor sea la temperatura, entonces mayores serán esas ondas.

Eso es lo que explica que la radiación solo puede producirse en tanto los cuerpos están a una temperatura especialmente elevada. A continuación, un grupo de ejemplos en donde se produce la radiación:

- La transmisión de ondas electromagnéticas en un horno microondas.
- El calor emitido por un radiador.
- La luz emitida por una lámpara incandescente.

El calor irradiado de un incendio es capaz de calentar los materiales expuestos hasta su temperatura de desprendimiento de vapores y hacerlos estallar en llamas.

**Convección:** Es la transferencia del calor por el movimiento del aire o de los líquidos, regularmente es hacia arriba (en algunos casos puede cambiar su rumbo conforme a la dirección del viento) por tal razón, este efecto es la causa de que en los edificios se prendan los pisos superiores, ya que los gases al calentarse se expanden por el techo y suben por los ductos, elevadores, pasillos, escaleras, paredes, etc., hasta encontrar un techo y ahí se acumula creando una atmósfera altamente inflamable, en ocasiones la producción de humos es tan densa que crea una presión en el aire que se encuentra en la parte superior del local, provocando que el humo se mantenga en un nivel antes de llegar al techo, a éste

fenómeno se le conoce como estratación. Algunos ejemplos:

- a. La transferencia de calor de una estufa.
- b. Los globos aerostáticos que se mantienen en el aire por medio del aire caliente. Si se enfría inmediatamente el globo comienza a caer.
- c. Cuando el vapor de agua empaña los vidrios de un baño, por la temperatura del agua caliente al bañarse.
- d. El secador de manos o de pelo, que transmiten calor por convección forzada.

**Conducción:** Es la transmisión de calor de un lugar a otro por conducto de un cuerpo. Hay materiales con una gran capacidad de transmitir calor, como: los metales, el acero, el aluminio, el cobre, etc. y otros con menor capacidad como: la madera, la tela, el papel, etc.

Los líquidos y gases son pobres conductores de calor por movimiento de sus moléculas, el aire es relativamente un pobre conductor, lo vemos en las puertas de doble pared, que se utilizan para retardar el paso del calor de un área ardiendo a otra que no lo está. Algunos ejemplos a continuación:

- a. Lo largo de los instrumentos para manipular carbón o leña, u otros objetos potencialmente muy calientes. Si su extensión fuera más corta, la transferencia de calor sería más rápida y no se podría tocar ninguno de los extremos.
- b. El hielo en una tasa de agua caliente se derrite por medio de la conducción.
- c. Al hervir agua, la llama conduce el calor al recipiente y al cabo de un tiempo permite calentar el agua.
- d. El calor que tiene una cuchara al dejarla en un recipiente y ponerle una sopa extremadamente caliente sobre ella.

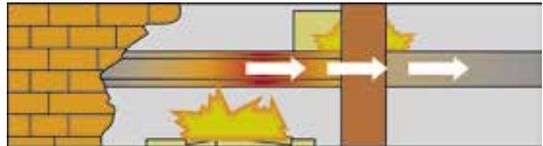
**Conducción:** (conductividad) existen de dos formas:

1. Por contacto directo entre los materiales.
2. A través de un material intermedio llamado Conductor.

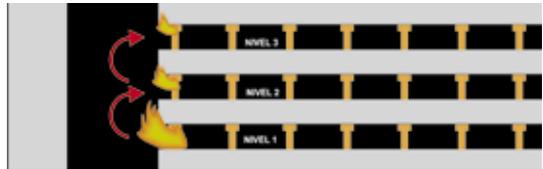
**Los materiales pueden ser:**

Buenos conductores: Metales

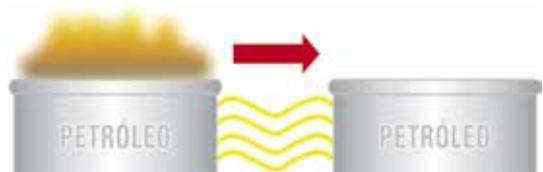
Malos conductores: Materiales fibrosos (madera, papel), gases y líquidos



**Convección:** Movimiento de gases/ líquidos entre dos superficies a diferentes temperaturas, el fluido caliente se dilata y eleva, ingresando fluido frío abajo.



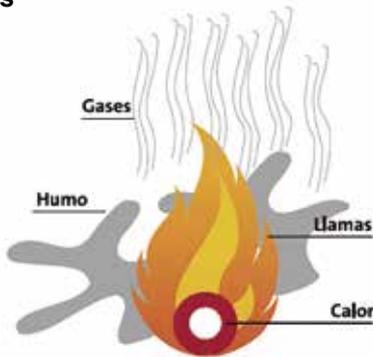
**Radiación:** Las ondas caloríficas viajan en el espacio desde el cuerpo emisor, hasta alcanzar al cuerpo receptor.



## PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN

Cuando se produce un fuego, la reacción entre el combustible y el comburente provoca la emisión de ciertos productos como:

**Calor**  
**Llamas**  
**Humo**  
**Gases**



### Llamas

Son gases incandescentes que se desprenden de la combustión y que pueden llegar a tener temperaturas muy elevadas. Su coloración puede darnos información sobre el tipo de combustible que está ardiendo:

**Llama azul.** Alcohol, gas natural y otros gases

**Llama amarilla.** Combustible ordinario, clase A.

**Llama roja.** Líquidos inflamables, clase B

**Llama blanca.** Metales



### Humo

El humo es una suspensión en el aire de pequeñas partículas sólidas y líquidas que resultan de la combustión incompleta de un combustible, compuesto principalmente por partículas de hollín o carbón.

**Humo blanco.** Productos vegetales

**Humo amarillo.** Sustancias químicas que tienen azufre

**Humo negro.** Derivados del petróleo, hule y plásticos



### Gases

Compuestos químicos gaseosos que se forman por reacción entre el  $O_2$  y los distintos elementos de la materia combustible.

Los gases son el sub-producto más peligroso de un incendio al que se puede enfrentar una cuadrilla y el personal en general. Durante un incendio arriba del 95% de las fatalidades es por consecuencia de los gases, no por quemaduras.

Algunos de los gases más peligrosos que aparecen durante los incendios son:

Monóxido de carbono  
 Bióxido de carbono  
 Sulfuro de hidrógeno  
 Bióxido de nitrógeno  
 y deficiencia de oxígeno

## FASES DEL FUEGO

### Fase incipiente

En esta primera fase: El contenido del oxígeno no ha sido reducido considerablemente, el calor arriba de la flama, será aproximadamente de unos 537°C, habrá un ligero desprendimiento de vapor de agua (H<sub>2</sub>O), bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), pequeñas cantidades de bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y algunos otros gases no relevantes.

### Fase de combustión libre

En esta segunda fase: El aire rico en oxígeno entra al fuego por las partes bajas de éste, mientras el calor y los gases suben a las partes altas en forma de convección, acumulando grandes cantidades de calor, el humo y los gases calientes, se expanden horizontalmente en todo el nivel de la mina, subiendo a los niveles superiores por medio de cualquier contrapozo, tiro, ductos de tuberías, etc. que les sirven como chimenea. En ese momento la temperatura puede encontrarse más o menos a 700°C.

Conforme se va incrementando la temperatura, hace que los demás materiales entren en la fase de desprendimiento de vapores, estallando simultáneamente en llamas. Este fenómeno llamado **combustión súbita generalizada** (flash over) puede ser dramático.

### Fase latente o de brasas

En esta tercera fase: Se le conoce también como fase de arder sin llamas. Si el área está cerrada, las llamas dejarán de existir cuando baje la concentración de oxígeno a menos de un 16%, sin embargo, el fuego continua como brasas, provocando que se acumulen los vapores y los gases que no fueron combustionados creando una presión dentro

del lugar. En ese momento la temperatura será alrededor de 537°C, el intenso calor tenderá a vaporizar las fracciones ligeras de los combustibles como el hidrógeno y el metano, los cuales se incrementarán a los ya existentes producidos por el fuego. Esta condición crea una atmósfera de alto riesgo, pues una corriente de aire fresco puede causar un retroceso de flama o explosión por flujo reverso (blackdraft).

Esta situación nos presenta algunas características que nos avisan de la condición prevaleciente, tales como: humo denso, amarillo grisáceo, se escucha el respirar del fuego; expulsa fumarolas por las hendiduras, se escucha el tronar de las brasas; al abrir un pequeño orificio hay una rápida entrada de aire etc. Al presentarse estas condiciones, hay que extremar precauciones en caso de tener que entrar al lugar.

## EQUIPOS CONTRA INCENDIO

Generalmente, los integrantes de las cuadrillas de rescate de minas están muy familiarizados con el uso de extintores de polvo químico secos multi-usos, los cuales contienen fosfato mono amonio, porque son efectivos en incendios clases A, B y C. En consecuencia, teniendo extintores de este tipo, elimina la necesidad de contar con extintores para cada clase de incendio que pueda ser encontrado durante la exploración.

Las unidades mineras básicamente manejan tres tamaños en los extintores portátiles de polvo químico seco: de 4.5, 6 y 9 kg.

También se cuenta con extintores sobre ruedas generalmente de 35, 50 y 70 kg.

## LOS EXTINTORES

SON EQUIPOS AUTÓNOMOS QUE CONTIENEN UN “AGENTE EXTINTOR” QUE SE UTILIZA CON EL PROPÓSITO DE COMBATIR EL INCENDIO EN SU INICIO



Extintores portátiles tipo ABC (Tamaños disponibles: 1, 2, 4.5, 6, 9 y 12 kg.)



Extintores portátiles tipo ABC sobre ruedas (Tamaños disponibles: 35, 50 y 70 kg.)



Extintor portátil de agua a presión para incendios clase A (Tamaño disponible 9.5 lt.), tienen un alcance de 16.50 mt.



Extintor portátil de espuma AFFF para incendios clase A y B (Tamaño disponible 6 y 9.5 lt.), ideal para traerse en vehículos de emergencia y de primeros auxilios.



Extintores de bióxido de carbono para incendios clase B y C (Tamaños disponibles: 2.2, 4.5, 6.8 y 9 kg.)

Antes de usar cualquier tipo de extintor manual, se debe revisar la etiqueta y la caratula del indicador de presión para asegurarse que el extintor es el adecuado y está en buenas condiciones para el combate del conato o incendio. El uso de un tipo de extintor equivocado o en malas condiciones podría resultar en una propagación del incendio y pérdida de tiempo en extinguirlo.



En la etiqueta del extintor esta la información con relación a la distancia a la que debe apagarse el incendio, donde el extintor es efectivo. La mayoría de los extintores de polvo químico seco son efectivos a una distancia máxima de 3.0 m., la cual va disminuyendo conforme se va controlando el incendio, es decir el cuadrillero va descargando el extintor y se va acercando a la base del fuego hasta el control del mismo o término del polvo químico.

La descarga del polvo químico seco del extintor es efectiva al descargarse entre 10 y 12 cms. adelante de la orilla de la flama.

El tiempo de descarga de los extintores portátiles varía de 15 a 25 segundos, dependiendo del tamaño y tipo de extintor. Por ejemplo, un extintor de 9 kg. dura normalmente de 20 a 25 segundos y uno de 6 kg. entre 17 y 20 segundos.

## COMO SE EXTINGUE EL FUEGO

TIPO DE AGENTE	FORMA DE SUPRIMIR EL FUEGO	EJEMPLOS DE AGENTES Y EQUIPOS
ENFRIADORES	Absorben y suprimen calor  Baja la temperatura a tal grado que impide la vaporización del combustible  Es la forma más común de extinguir fuego	El agua  Extintores de soda - ácido, agua ligera  Hidrantes y mangueras  Rociadores automáticos

TIPO DE AGENTE	FORMA DE SUPRIMIR EL FUEGO	EJEMPLOS DE AGENTES Y EQUIPOS
SOFOCANTES	Suprime el oxígeno  Se sustituye el oxígeno por un gas inerte  El fuego se arroja con una capa de agente extintor, así se evita que el material combustible desprenda vapores	Extintores de:  Bióxido de carbono  Polvo químico seco  Espuma

## Agua

El agua comúnmente es usada para apagar incendios, ya que ésta actúa enfriando el incendio, es decir, elimina el calor del triángulo del fuego. El agua es un agente extintor efectivo en incendios clase A.

En la mayoría de las minas, el agua que se requiere para combatir algún incendio es provista por medio de líneas de agua.

## Líneas de agua

Las líneas de agua son usadas en la mayoría de las minas y están disponibles para propósitos de algún combate de incendio. En las ventanillas de los tiros o talleres mecánicos debe haber líneas para toma de agua para combate de incendios.

La mejor forma de combatir un incendio con agua, es apuntar el chorro del agua directamente al material en llamas, se debe estar moviendo este chorro de lado a lado para mojar completamente la superficie en llamas cuando sea posible, hay que esperarse hasta extinguir cualquier braza remanente.

## Espuma de alta expansión

La espuma de alta expansión es usada principalmente para contener y controlar un fuego eliminando el oxígeno y calor del triángulo del fuego. El tremendo volumen de espuma actúa suavizando y enfriando el incendio al mismo tiempo.

La espuma es útil solamente en el combate de incendios clase A y B. Debido a que la espuma es ligera y elástica, puede viajar grandes distancias sin romperse. La espuma es muy efectiva al usarse en controlar incendios persistentes a los que no se les puede acercar la cuadrilla por exceso de calor, caídos de roca o porque el fuego se está extendiendo muy rápido. Esta espuma es efectiva hasta una distancia de 150 m.

La espuma de alta expansión es normalmente usada solo para controlar un incendio. Una vez que las condiciones lo permiten, las cuadrillas son generalmente enviadas a combatir el incendio más directamente.

## LOCALIZANDO Y CONTROLANDO UN INCENDIO EN MINAS SUBTERRÁNEAS

Dos de los principales objetivos del trabajo de exploración durante un incendio de mina son: Localizar el incendio y evaluar las condiciones dentro y cerca del área siniestrada.

Una vez que se conocen las condiciones y son reportadas de la base de aire fresco al centro de mando, ahí pueden decidir cómo deberá ser combatido el incendio.

Antes de entrar a la mina, en ocasiones ya se cuenta con la información acerca de donde está el incendio y que se está quemando. Estos reportes pueden ayudar a conocer la ubicación del incendio y determinar la magnitud del mismo.

El monóxido de carbono o el humo saliendo del ventilador principal o de la salida de aire son claros indicios de que un incendio existe.

Las cuadrillas pueden señalar vagamente donde está el incendio y evaluar la magnitud de acuerdo a qué tan denso es el humo y la temperatura de las mamparas o puertas que se van encontrando.

Si ustedes se encuentran con un incendio pequeño (controlable) durante la exploración de la mina, éste debe extinguirse por combate directo, es decir, deben de extinguirlo inmediatamente utilizando extintores portátiles o agua de una línea si está cerca. Tratar con incendios más grandes (incontrolables), estos requieren controlarse indirectamente con otro método.

Durante el combate directo de un incendio, hay ciertos riesgos de los cuales la cuadrilla debe estar consciente, estos riesgos pueden ser: altas temperaturas, electrocución, gases tóxicos y asfixiantes, deficiencia de oxígeno, gases explosivos, calor, humo y caída de rocas de cielo y tablas.

### Combate indirecto de un incendio

Cuando el combate directo de un incendio no es posible debido a los riesgos comentados en el párrafo anterior, en estos casos es necesario combatir a distancia o “indirectamente” sellando el área del incendio o llenándolo de agua. Los métodos indirectos excluyen el oxígeno del fuego, el agua enfría el incendio.

Estos métodos indirectos permiten a las cuadrillas de rescate permanecer a una distancia segura del incendio, sin exponerse a los riesgos ya comentados.

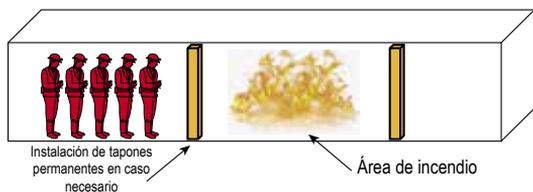
## Sellado de un incendio incontrolable

El propósito de sellar un incendio en la mina es contener el fuego en un área específica y excluir el oxígeno del fuego y con esto sofocarlo. El sellado puede también ser hecho para aislar el fuego de las demás áreas operativas de la mina y así se pueda continuar operando normalmente.

Hay dos tipos de sellos: temporal y permanente. Los temporales son el tipo de tapones utilizados en minas metálicas y no metálicas (no gaseosas), en cambio los tapones permanentes, se usan con más frecuencia en minas de carbón (gasientas).

Los tapones temporales son construidos para que eviten el flujo del aire hacia el lugar donde se encuentra el incendio, generalmente son construidos con madera, cortinas de hule, lona o inflables.

Los tapones permanentes se construyen después de los temporales. Son empotrados en el cielo, tablas y piso de la sección minera para que puedan aguantar la fuerza de alguna explosión, si es que la hay. Son construidos con bloques de concreto, ladrillo, madera, concreto vaciado o rezaga.



El centro de mando decidirá qué tipo de sello se debe construir con base en toda la información que se tenga respecto al incendio.

La cuadrilla debe seleccionar un lugar para la construcción de los sellos temporales, el cual debe tener buenas condiciones de cielo, tablas y piso.

Si el único lugar disponible para construir un tapón se encuentra en malas condiciones el cielo y tablas, se tiene que amacizar y soportar antes de empezar a construir el tapón.

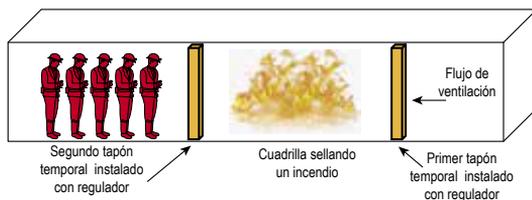
Cuando se construyen los tapones temporales, la cuadrilla debe considerar los reguladores para el flujo de ventilación, así como para tomar muestras de los gases del interior del área sellada. Generalmente estos reguladores se dejan al centro de la obra o tapón.

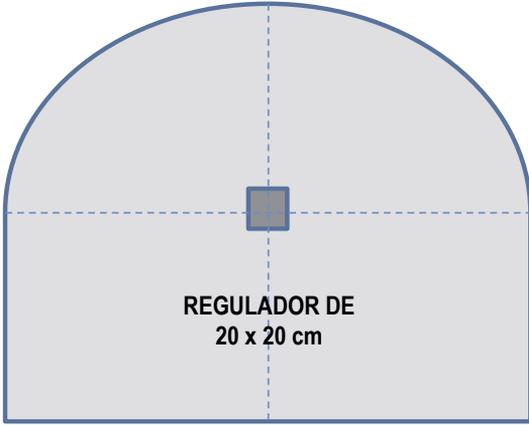
## Ventilación

Al construir los tapones temporales, una de las cosas más importantes a considerar es la ventilación. La cuadrilla debe ser cuidadosa en asegurarse de que no haya cambios abruptos en la ventilación sobre el área del incendio, un flujo de aire constante pero mínimo debe estar continuamente circulando por el área del incendio para diluir o evitar los gases explosivos, el calor y el humo. Por ello los reguladores son necesarios cuando menos colocarlos en dos tapones, en el de entrada de aire y el de descarga del humo.

Estos reguladores deben ser de una sección pequeña (se recomienda de 20 x 20 centímetros o menor) al centro de la obra o tapón.

Los tapones se deben de construir lo suficientemente retirados del incendio para que el calor y las rocas flojas no dañen a la cuadrilla.





**REGULADOR DE  
20 x 20 cm**





# UNIDAD 6

## RESCATE DE SOBREVIVIENTES

---



CAMIMEX



## OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD

Los miembros de la cuadrilla entenderán y aplicarán los procedimientos recomendados para el rescate de sobrevivientes después de una emergencia en mina.

## INTRODUCCIÓN

Esta unidad de capacitación trata de cómo rescatar a los sobrevivientes después que ha ocurrido una emergencia o desastre en la mina.

El rescate de sobrevivientes puede ser la parte más satisfactoria del trabajo de una cuadrilla de rescate.

Antes de ingresar a la mina se debe preguntar cuántas personas o mineros no han salido entre otras preguntas como las que se enumeran a continuación:

- a. ¿En qué áreas o lugares estaban poblados?
- b. ¿Cuáles son las rutas de salida o caminos de emergencia?
- c. ¿Dónde pueden refugiarse los mineros?
- d. ¿Se tienen refugios mineros en la mina?
- e. ¿El personal está capacitado para refugiarse o barricarse en la mina en lugares seguros?

Los sobrevivientes pueden ser encontrados sobre los niveles sin ninguna protección, heridos, inconscientes o incapaces de caminar.

Pueden estar atrapados detrás de algún derrumbe u otras obstrucciones o atrapados bajo algún equipo, o pueden estar seguros dentro de un refugio, una barricada, o en un área donde no hayan llegado los gases tóxicos.

Por este motivo la cuadrilla debe estar concentrada, escuchando y observando todo lo que encuentren durante su trayectoria para obtener pistas, ya que los mineros que estén en algún refugio o barricada dejarán alguna indicación o pista para ser encontrados.

En la parte exterior de una barricada construida, los mineros probablemente dejen indicado cuantas personas están ahí, la fecha y hora, esto como información para el personal que los busque.

Cuando los sobrevivientes son localizados, su ubicación, identidades (si es posible) y su condición física debe ser reportada a la base de aire fresco, y ésta a su vez al centro de mando. El centro de mando puede indicar a la cuadrilla en espera que ingrese a dar apoyo en el rescate para llevar camillas, equipos de respiración autónomos u otro material que se requiera.

## ENTRANDO A UNA BARRICADA O REFUGIO

Cuando ya fueron localizados los sobrevivientes, se debe establecer comunicación con ellos tan pronto como sea posible, si no hay respuesta no se debe dar por hecho que están muertos, puede ser que estén inconscientes.

Si la cuadrilla obtiene respuesta, hay que preguntar ¿cuántos mineros hay dentro?, ¿cómo están?, ¿si utilizaron su autorrescador y cuánto tiempo llevan barricados?, así como sus nombres, ¿dónde andaban trabajando y si dentro hay materiales o herramientas?.

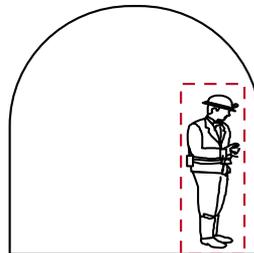
En caso de que haya dos o más sobrevivientes, la cuadrilla debe aplicar el procedimiento más seguro para sacar a los sobrevivientes uno a uno, lo más pronto posible y de la manera más segura.

Algunas veces es necesario rescatar a los sobrevivientes antes de que el aire fresco pueda ser avanzado hasta ellos.

Por ejemplo, no se puede avanzar aire fresco hasta los sobrevivientes si un incendio se está expandiendo y moviendo en la dirección del refugio, o que el flujo de ventilación que lleva el humo vaya en la dirección del refugio.

En estos casos, un candado o seguro de aire debe hacerse inmediatamente fuera de la barricada o refugio antes de entrar. Si se decide establecer este bloqueo de aire, la cuadrilla tendrá que construir un tapón o mampara antes de la barricada quedando ellos tan cerca como sea posible a la barricada (entre 1.20 a 1.80 m) para minimizar la cantidad de aire contaminado que ingresará a la barricada una vez que se abra.

Este candado de aire debe ser pequeño para minimizar la cantidad de aire contaminado que entrará a la barricada una vez que se abra. Se debe hacer una entrada en la barricada que sólo permita el ingreso de la cuadrilla y la camilla. Esta abertura en la barricada se puede tapar con hule o lona para evitar a lo máximo el ingreso de gases y humo del exterior, una vez que ya ingresó la cuadrilla.



*Hueco pequeño que debe hacerse para ingresar a una barricada*

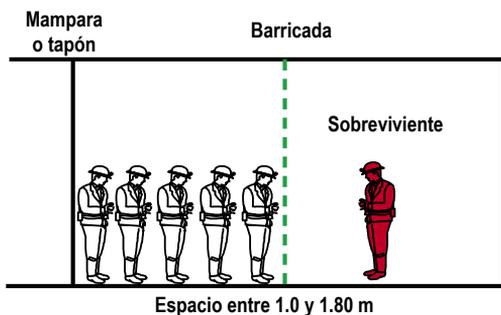
## SOBREVIVIENTES LESIONADOS

Cuando hay lesionados dentro de la barricada, es necesario dar tratamiento de primeros auxilios urgente antes de que puedan ser transportados al exterior.

En estos casos la cuadrilla debe hacer una clasificación de víctimas comúnmente llamado sistema de "clasificación triage". Este sistema clasifica a los lesionados en tres grupos prioritarios de acuerdo a su condición o heridas:

### Condiciones de primera prioridad

- Problemas de vías respiratorias o de respiración.
- Sangrado severo.
- Shock profundo.
- Inconsciencia.
- Quemaduras de segundo grado cubriendo más del 30% del cuerpo.
- Quemaduras de tercer grado cubriendo más del 10% del cuerpo o que comprenden las manos, los pies o la cara.
- Inhalación de gases venenosos.
- Desmembramiento.
- Heridas en el pecho.
- Heridas severas en la cabeza.



**Condiciones de segunda prioridad**

- Laceraciones múltiples.
- Fracturas múltiples.
- Quemaduras de segundo grado abarcando entre 15 a 30% del cuerpo.
- Quemaduras de tercer grado cubriendo menos del 10% del cuerpo (sin incluir manos, pies o cara).
- Conmoción moderada.
- Agotamiento moderado por calor.
- Heridas en la espalda con o sin heridas en la columna vertebral.

**Condiciones de tercera o baja prioridad**

- Histeria regular.
- Abrasiones.
- Sangrado menor.
- Quemaduras de primer grado en menos del 20% del cuerpo (sin incluir la cara, manos o pies).
- Quemaduras de segundo grado que abarcan menos del 15% del cuerpo.
- Quemaduras de tercer grado que abarcan menos del 12% del cuerpo.
- Brazos, manos o pies fracturados.
- Agotamiento regular por calor.

Se recomienda que un técnico en urgencias médicas (TUM) sea miembro de la cuadrilla de rescate en la posición de primeros auxilios, dado que ellos tienen entrenamiento para determinar el grado de las heridas, especialmente si hay varios individuos lastimados.

Si encuentran sobrevivientes que tienen rocas pesadas sobre el abdomen, área pélvica o piernas, deben ser extremadamente precavidos al retirar las rocas del cuerpo. El TUM o primeros auxilios debe recordar que la presión sanguínea de la víctima hasta el área crítica ha estado alta por la presión de las rocas, una vez que se retiran éstas, la

presión sanguínea de la víctima puede caer agudamente y puede sobrevenir la muerte.

**FACTORES PSICOLÓGICOS**

Al encontrar sobrevivientes, su comportamiento puede variar desde desesperación hasta histeria incontrolada, la mejor forma de aliviar este estrés psicológico es tratar de comunicarse con ellos lo más pronto posible. Más importante aún, la comunicación debe ser continua con los sobrevivientes, si ellos pierden esta comunicación con la cuadrilla, se sienten abandonados y pueden tratar de salirse de la barricada.

**TRANSPORTE DE LESIONADOS**

No se debe dejar a los sobrevivientes que caminen por sí mismos, aun cuando parezcan estar en buenas condiciones, ellos necesitan ayuda y apoyo para salir de la mina.

Cuando se encuentren sobrevivientes que tienen que ser transportados en aire contaminado, necesitarán ser protegidos con equipo autónomo proveedor de oxígeno para transportarse a la base de aire fresco.

También es permitido que se use un equipo autorrescatador de oxígeno de 60 minutos en adelante, siempre y cuando, el lesionado sea quien porte este equipo y se encuentre en buenas condiciones de operación.

Los sobrevivientes deben llevarse hasta la base de aire fresco de uno en uno.





# UNIDAD 7

## RECUPERACIÓN DE MINA

---



CAMIMEX



## OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD

La cuadrilla identificará y aplicará los procedimientos para establecer la ventilación después de un desastre, así mismo, los trabajos necesarios para restaurar el área del desastre a su operación normal.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la cuadrilla después de haber controlado la emergencia y sacado a los sobrevivientes y cuerpos, será la recuperación del área afectada en la mina para su continuidad operativa lo más pronto posible. Dependiendo de las condiciones de cómo quedó la mina, la recuperación puede variar desde unos días, hasta meses de trabajo.

El papel de la cuadrilla de rescate en la recuperación varía a medida que la operación va progresando, ya que las condiciones van cambiando hasta que toda la ventilación de la mina es restablecida en su totalidad.

Uno de los aspectos principales que la cuadrilla debe revisar, es el grado de daño al sistema de ventilación, esto incluye revisar la condición de cada uno de los controles de ventilación, los ventiladores auxiliares, extractores, así como sus mangas o ductos.

También mientras la cuadrilla va explorando y re-ventilando las áreas donde fue el incendio, debe ir revisando las condiciones de los gases en el ambiente y el estado de la roca en cielo y tablas, líneas de agua y aire, líneas eléctricas, telefónicas, equipos, etc.

## QUITANDO LOS TAPONES DEL ÁREA DE INCENDIO

Quitar los tapones o sellos de un área de incendio, requiere una planeación cuidadosa,

ya que si se abren prematuramente puede reiniciar el incendio. Es recomendable que antes de retirar estos tapones o sellos, se tomen muestras de los gases por medio de los reguladores que se dejaron durante la construcción de los tapones de control.

Para determinar el tiempo exacto para retirar los tapones de un incendio, deben considerarse algunos aspectos tales como:

- El grado e intensidad del incendio al tiempo de sellar.
- Las características del material ardiendo.
- El tipo de sello (temporal o permanente).
- El efecto de la presión barométrica en el área cerrada.
- El efecto de la temperatura en el área cerrada.
- La ubicación del área de incendio con respecto a la ventilación.
- Las condiciones de los gases de acuerdo a lo indicado por el análisis de las muestras de aire tomadas (usualmente los gases analizados, son: oxígeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono y metano cuando es una mina de carbón).

**Finalmente al decidir abrir un incendio, como mínimo se debe saber lo siguiente:**

- El contenido de oxígeno detrás del sello es muy bajo (2%) para generar una explosión (no importa que cantidad de gases combustibles haya detrás del sello).
- El monóxido de carbono ha desaparecido o casi desaparecido dentro del sello.
- Se le ha dado suficiente tiempo para que se enfríe el lugar y el aire que ingresa durante la operación de remover los sellos no re-active el incendio.

## MÉTODOS PARA RETIRAR LOS TAPONES O SELLOS DE UN INCENDIO

Básicamente, hay dos métodos que pueden ser usados para retirar los sellos de un área de incendio: progresivo, o por etapa/ventilación y ventilación directa.

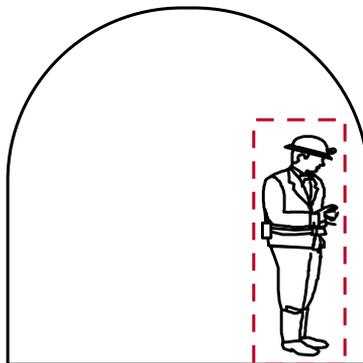
### Progresivo, o por etapa/ventilación:

Es la re-ventilación de un área sellada en bloques sucesivos, este método es utilizado generalmente en minas no metálicas (minas de carbón, también llamadas minas gasientas).

### Ventilación directa:

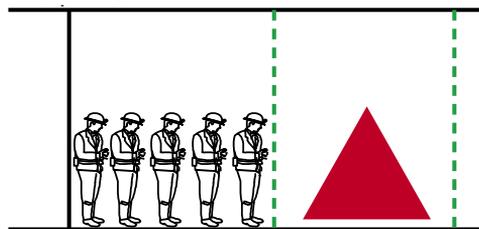
Es el método más común para retirar los tapones de un área incendiada en minas de varios niveles o de un sólo nivel (minas metálicas). Este método de recuperación puede ser hecho rápidamente, sin embargo, antes de usar la ventilación directa, se debe tener evidencia conclusiva de que el incendio se ha extinguido.

El primer paso para iniciar la ventilación directa es anteponer una mampara o tapón antes del primer tapón que se construyó en su momento para controlar el incendio. Este debe construirse del lado que alimenta el flujo de ventilación a la zona sellada para crear un seguro de aire. Enseguida se abre un hueco en el tapón de control lo suficientemente grande para que los integrantes de la cuadrilla puedan pasar con sus equipos y empezar a revisar el área afectada.



*Hueco para entrar por un tapón o sello de un incendio, previa construcción de una mampara*

Mampara o tapón



*Sección longitudinal de cuadrilla entrando a un sello o tapón de incendio después de anteponer una mampara*

## UNA VEZ DENTRO DEL ÁREA DEL INCENDIO SE DEBE REALIZAR LO SIGUIENTE:

Monitoreo de gases:	Si los valores están ya muy bajos, incluyendo la concentración de O <sub>2</sub> , se puede retirar completamente tanto el tapón del sello como la mampara preventiva.
Revisar el amacice:	Después de que salga el humo existente y haya visibilidad se debe revisar lo que se pueda sobre rocas flojas, únicamente avanzar en terreno seguro.
Retirar demás sellos:	Enseguida se van retirando los demás sellos de control que se colocaron.
Revisión del área:	Una vez retirados todos los tapones, se revisan los daños que se detecten de manera segura, cables eléctricos, ductos de ventilación, líneas telefónicas, líneas de agua y aire, etc.
Reporte final del status de la mina:	Se entrega el reporte final de las condiciones de la mina.

Finalmente cuando la ventilación ha sido restablecida en un área del incendio, el trabajo de la cuadrilla con sus equipos termina y pueden continuar.



## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Bocamina.** Boca o entrada de una mina.

**Broca.** Herramienta para el corte de suelos y rocas utilizado en la perforación.

**Brocal.** Boca o borde de un pozo o tiro.

**Calesa o Jaula.** Compartimiento metálico especial, como la de un ascensor, que se desliza por las guías de madera de un tiro suspendida por un cable de acero y accionado desde un malacate, se emplea para subir o bajar a los niveles de la mina transportando personal, equipos, materiales, entre otras funciones.

**Calibración.** Conjunto de operaciones que permiten establecer, bajo determinadas condiciones, la relación que existe entre los valores de magnitudes indicados por un instrumento o sistema de medida, y los valores representados por una medida de referencia oficial.

**Cavernas.** Cavidad natural del terreno causada por algún tipo de erosión de corrientes de agua, hielo o lava.

**Cielo; Contra Cielo.** Techo de las obras mineras.

**Contra Frente o Contra Cañón.** Obra minera subterránea paralela a la frente, normalmente es desarrollada sobre roca estéril o de baja ley.

**Contrapozo; Chiflón.** Obra minera subterránea vertical o inclinada, que se va construyendo desde una obra minera más profunda, hacia arriba.

**Contratiro.** Obra minera subterránea vertical o inclinada, que se desarrolla dentro de la mina y no comunica con superficie, solo con las obras interiores. Es semejante a un tiro.

**Crucero.** Obra minera subterránea que se desarrolla para intersectar una veta. Inician en un nivel.

**Derrumbe.** Hundimiento o colapso de obras mineras.

**Estallido de Roca.** Liberación violenta de energía que resulta en la proyección de rocas, ocasionada por los esfuerzos del macizo rocoso en obras de gran profundidad, o por la falla repentina de algún pilar de la mina.

**Excavación.** Operaciones de profundización, desarrollo, voladura y transporte de material en superficie o bajo tierra.

**Exploración.** Actividad minera para demostrar las dimensiones, posición, características mineralógicas, reservas y valores de los yacimientos mineros.

**Exploración en Mina.** Acción para examinar, reconocer, averiguar o verificar alguna cosa o lugar.

**Explotación.** Extracción de minerales, para disponer de ellos con fines industriales y comerciales.

**Exposición Aguda.** Tipo de contacto con una sustancia que ocurre por una sola vez o durante un periodo corto y que por sí sola puede llevar a un grave daño o a la muerte.

**Extractor.** Equipo que sirve para extraer humo, polvo y gases del interior de una obra minera.

**Frente o Cañón.** Obra minera subterránea que se desarrolla en el cuerpo mismo de veta.

**Galería.** La obra que se hace en las minas subterráneas para la extracción de minerales, ventilación, comunicación o desagüe.

**Intersección.** Lugar donde se cruzan dos o más obras mineras.

**Mantear.** Extraer a superficie el mineral del interior de la mina.

**Minería.** Actividad humana para la extracción de productos minerales que se encuentran en la corteza terrestre y que tienen un valor económico.

**Nivel.** Obra minera horizontal desde la cual se inicia la explotación del yacimiento mineral a esa altura. Comunica con el tiro o rampa de extracción de mineral.

**Oxidación.** Reacción química provocada por la exposición al oxígeno modificando la composición química del material.

**Perforación.** Operación de abrir huecos en el terreno, utilizados para exploración o para la extracción de mineral.

**Perforadora.** Maquinaria que se utiliza para barrenar la roca. Pueden ser de percusión o rotarias, activadas con aire a presión, hidráulicamente o eléctricamente.

**Pilar.** Bloque sólido de roca que se ha dejado en un lugar estratégico para sostener o soportar el techo o paredes de una obra minera.

**Piso.** Lugar por donde pisa, transita o avanza el personal y el equipo en las diferentes obras mineras.

**Plan de Contingencia.** Estrategia y conjunto de acciones para responder a una emergencia (derrame, incendio, inundación, desastre natural entre otros).

**Pozo.** Perforación vertical o inclinada para el acceso de las personas a la mina y para sacar el mineral.

**Rampa.** Obras mineras con una inclinación entre el 5 y 12% que sirven para unir los diferentes niveles o galerías de trabajo de una mina.

**Relleno.** Llenado de espacios vacíos de las zonas explotadas, esto se hace generalmente con roca de desecho o jales.

**Respaldos o Tablas.** Son las dos paredes que comprenden o limitan los niveles, galerías, frentes, cruceros, rampas, etc.

**Riesgo.** La combinación de la probabilidad de que ocurra un suceso o exposición peligrosa y la severidad del daño o deterioro de la salud que puede causar el suceso o la exposición.

**Roca.** Cualquier combinación natural de minerales, las rocas forman parte de la corteza terrestre.

**Socavón.** Obra minera subterránea prácticamente horizontal, la cual comunica a las obras mineras por un extremo y el otro a superficie.

**Stock.** Productos que se tienen almacenados para cuando sean requeridos.

**Tiro o Pozo.** Obra minera subterránea vertical o inclinada, que comunica los niveles de la mina con la superficie. Son utilizados para manto, servicios y/o ventilación.

**Túnel.** Obra minera subterránea horizontal, ambos extremos comunican con la superficie.

**Ventilación.** Sistema encargado de llevar aire fresco a las obras mineras en explotación y expulsar o extraer el aire viciado.

**Ventilador.** Equipo para ventilar o inyectar aire a presión al interior de la mina o a algún lugar de trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Diccionario Minero (Otros Mundos Chiapas)
- Mine Rescue Team Training Metal and Nonmetal Mines (MSHA 3017 Revised 2008)
- Reglas Generales de Competencia de Rescate Minero Subterráneo Camimex versión 2018
- NOM-023-STPS-2012
- NOM-002-STPS-2010
- NOM-100-STPS-1994
- NOM-104-STPS-2001
- NOM-103-STPS-1994
- NOM-101-STPS-1994
- Química III (Nora Díaz Ordaz Castro y María de Guadalupe Lunagómez Flores)

