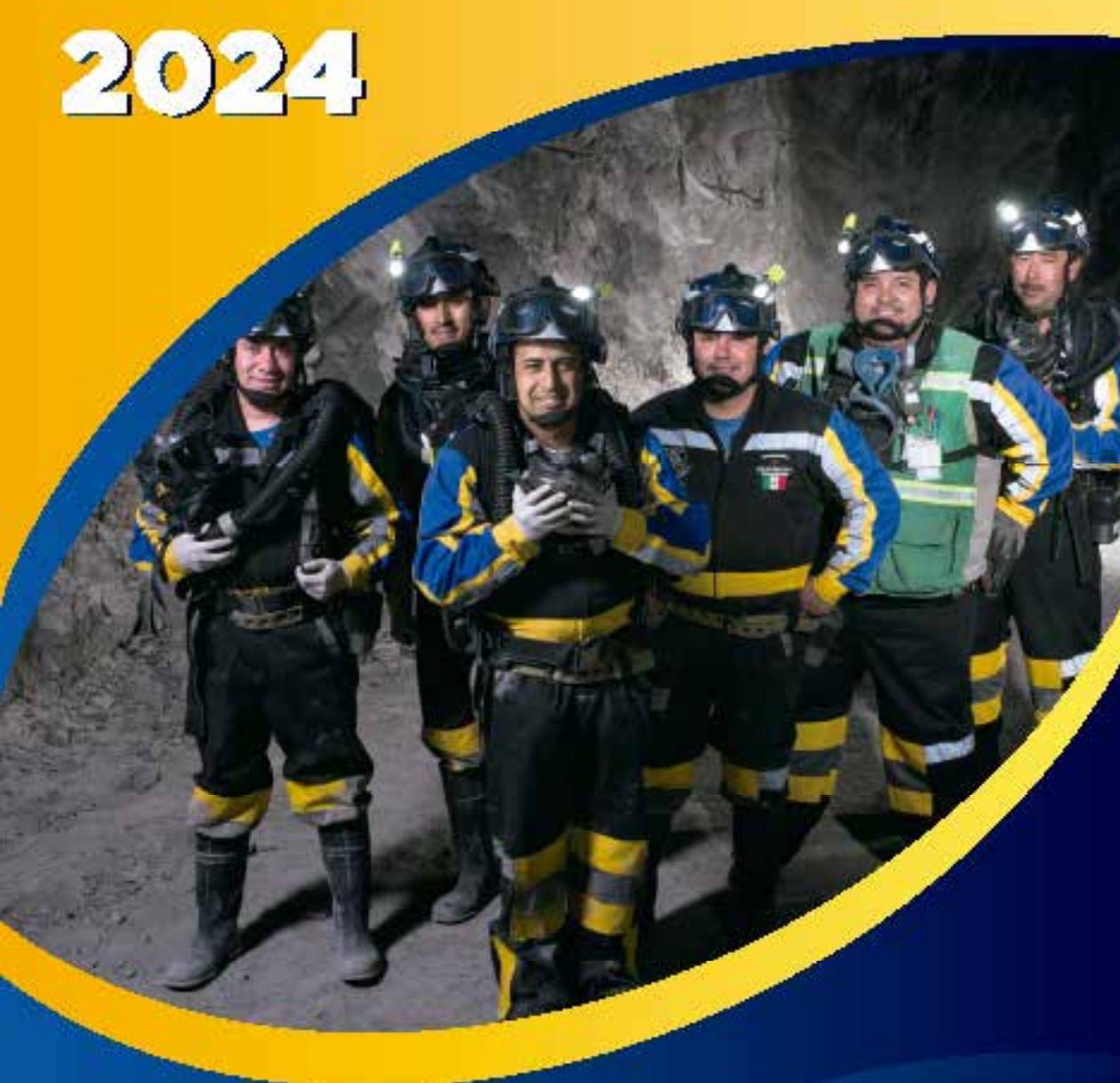


2024



MANUAL DE CAPACITACIÓN SOBRE RESCATE EN MINAS SUBTERRÁNEAS

INTRODUCCIÓN

¿Cuál es la importancia de realizar misiones de rescate sin la certeza de encontrar sobrevivientes?

Los mineros conocemos la respuesta, entre las tradiciones que unen, de las más fuertes es el compromiso entre nosotros de no dejar a ningún compañero atrás. Todos regresamos, excepto cuando se pone en riesgo inminente a los integrantes de la cuadrilla. El mutuo acuerdo entre nosotros, es que siempre volveremos con nuestras familias, ya sea vivo o caído. Porque incluso sin vida, nuestros compañeros nos ayudan a contar la historia sobre lo que paso y así trabajar para evitar que vuelva a ocurrir.

Este manual está hecho para ti, que formas parte 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 minería
- 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.

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

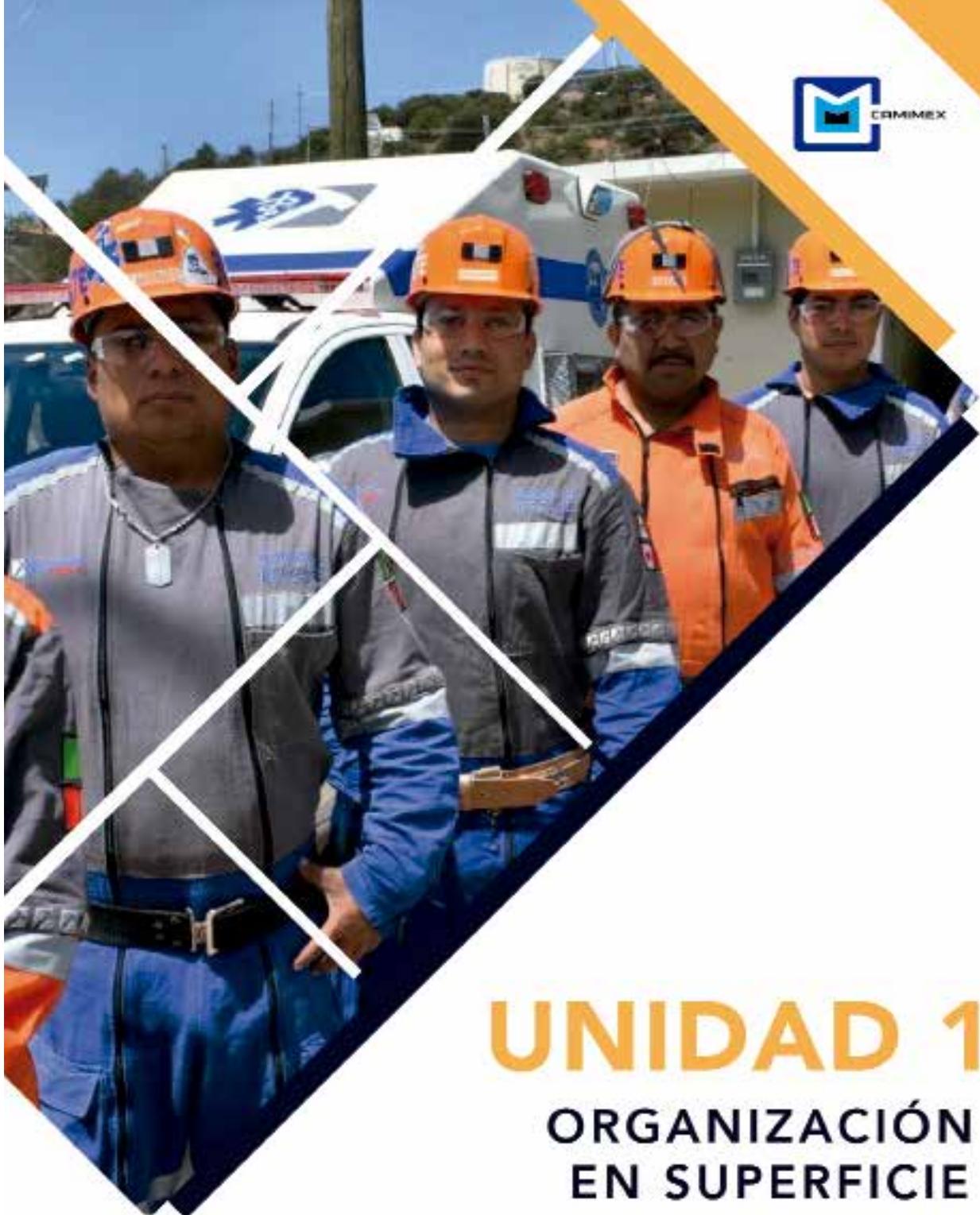
OBJETIVO GENERAL DEL CURSO

Reconocer los procedimientos y metodologías que los integrantes de las cuadrillas de rescate deben aplicar durante una emergencia en minas subterráneas, principalmente por un incendio o explosión, para apoyar en el rescate de sobrevivientes y control de la emergencia.

ÍNDICE

UNIDAD 1: ORGANIZACIÓN EN SUPERFICIE	7
• 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
UNIDAD 2: EXPLORACIÓN DE MINA	13
• 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
• EXPLORACIÓN DE MINA	19
• REGLA 2 + 1	22
• REPORTE DE EXPLORACIÓN	25
• SIMBOLOGÍA PARA LA UNIDAD DE EXPLORACIÓN DE MINA	26
UNIDAD 3: GASES EN MINAS	27
• 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	34
• HUMO	41
• PROPIEDADES DE LOS PRINCIPALES GASES EN MINAS SUBTERRÁNEAS	42
• EQUIPO PARA DETECCIÓN DE GASES	48
• SIMBOLOGÍA DE GASES EN MINAS	49
UNIDAD 4: VENTILACIÓN EN MINAS	51
• OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD	53
• INTRODUCCIÓN	53
• PRINCIPIOS DE VENTILACIÓN EN MINAS	53

• FLUJO DEL AIRE	54
• CONTROLES DE VENTILACIÓN	54
• MEDICIÓN DE FLUJO, VOLUMEN Y CAUDAL DE AIRE	56
• VISTAS O SECCIONES DE UNA MINA	58
UNIDAD 5: INCENDIOS EN MINAS SUBTERRÁNEAS	59
• 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
UNIDAD 6: RESCATE DE SOBREVIVIENTES	71
• OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD	73
• INTRODUCCIÓN	73
• ENTRANDO A UNA BARRICADA O REFUGIO	73
• SOBREVIVIENTES LESIONADOS	74
• FACTORES PSICOLÓGICOS	75
• TRANSPORTE DE LESIONADOS	75
UNIDAD 7: RECUPERACIÓN DE MINA	77
• OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD	79
• INTRODUCCIÓN	79
• QUITANDO LOS TAPONES DEL ÁREA DE INCENDIO	79
• MÉTODOS PARA RETIRAR LOS TAPONES O SELLOS DE UN INCENDIO	80
GLOSARIO DE TÉRMINOS	82
BIBLIOGRAFÍA	84



UNIDAD 1

ORGANIZACIÓN
EN SUPERFICIE

OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD

Los cuadrilleros de rescate minero, identificarán los procedimientos que se deben seguir antes de iniciar las actividades de control en una emergencia, para clarificar que acciones deben realizar durante la 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 de la Empresa.

PREPARACIÓN DE LA CUADRILLA EN SUPERFICIE

Para un buen control de las cuadrillas de apoyo que se presenten de otras empresas, 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 ir programando cada cuadrilla conforme van llegando después del llamado. Esta agenda de rotación de las cuadrillas, indicará el tiempo de trabajo, apoyo, espera y respaldo de cada cuadrilla.

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.

NOTAS: Ningún cuadrillero deberá colocarse el equipo de rescate sin previa revisión médica del estado físico y emocional de la persona, por lo cual el médico o servicios preventivos de salud de la empresa darán el visto bueno a los cuadrilleros que pueden usar el equipo autónomo.

Unidad 1 Organización en Superficie

Para que la primera cuadrilla pueda ingresar a mina después de una emergencia, es necesario que ya se encuentre otra cuadrilla de apoyo en la base de aire fresco de trabajo o menos en caso de que algún integrante no pueda continuar o algún equipo autónomo presente falla.

Cabe señalar que durante una emergencia el tiempo de trabajo de cada cuadrilla en interior mina será de dos horas efectivas

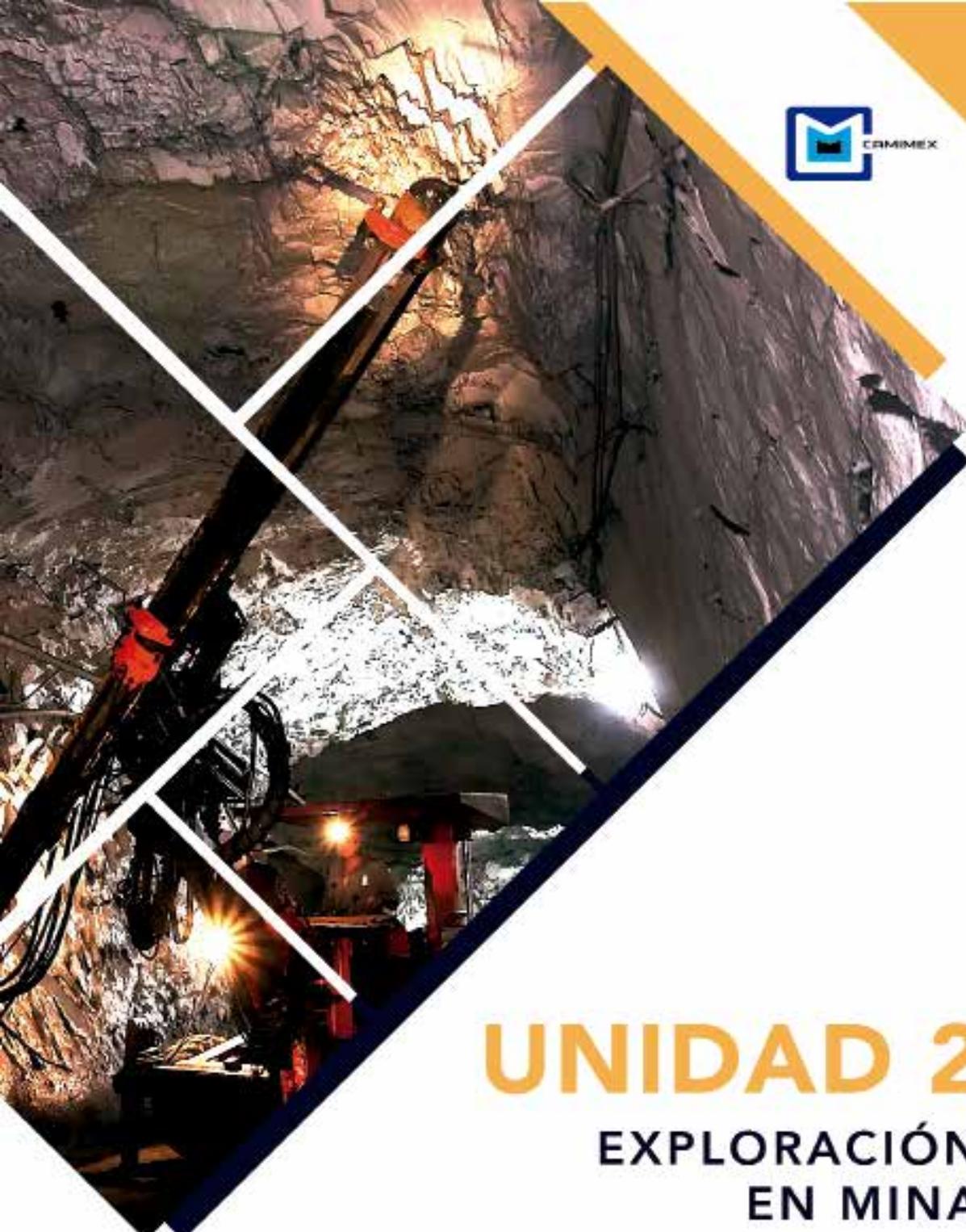
EJEMPLO DE ROL DE TRABAJO DE 4 CUADRILLAS (DOS HRS/CUADRILLA)

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)
- Espíritu de servicio
- Responsable
- Saber leer y escribir
- Pasar la evaluación médica (examen general, espirometría, exámenes clínicos, etc.)
- No tener claustrofobia (del latín claustrum: cerrado y del griego fobos: miedo)
- No tener nictofobia (del griego nyx: noche y fobos: miedo)



UNIDAD 2

EXPLORACIÓN
EN MINA

OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD

Los integrantes de las cuadrillas de rescate conocerán los procedimientos de exploración más seguros, los cuales podrán aplicarse durante una emergencia por incendio en una mina subterránea.

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 del humo que están saliendo de esta. Con esta información, la cuadrilla determinará por donde será el ingreso para iniciar la exploración y sobre todo para conocer el tipo de riesgo que hay en la mina de acuerdo a las concentraciones de los gases que están saliendo.

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

En una mina con tiros hay que revisar las condiciones de cada tiro para asegurarse de que está en buenas condiciones, se debe correr la calesa o bote por el tiro para verificar que está libre de obstáculos, agua e incendio. Para esto se coloca una franela o trapo sobre la calesa o bote.

El monitoreo de gases en los brocales de los tiros debe hacerse con los detectores lo más cercanos al nivel horizontal del brocal con las manos extendidas para cubrir lo más que se pueda 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 mina.

Al monitorear los gases sobre un extractor,

este debe hacerse con los detectores frente a la descarga del extractor o de los ductos de extracción a una distancia segura.

En superficie se debe realizar la exploración inicial de las entradas y salidas de la ventilación con los equipos autónomos de oxígeno ya colocados. Esto por si algún gas tóxico está saliendo en concentración alta, y pueda intoxicar a los cuadrilleros 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 de mina. También funciona como una base de comunicaciones que enlaza la operación de las cuadrillas con el centro de comando, y todo el personal de apoyo.

La base de aire fresco se establece en superficie, lo más cercano a los tiros o rampas por donde la cuadrilla decidió ingresar por primera vez de acuerdo con el resultado del monitoreo y el cálculo de ventilación previo.

En la base de aire fresco normalmente debe haber provisiones, equipo y herramientas que la cuadrilla pueda utilizar durante la exploración. Por ejemplo, detectores de varios gases, equipo contra incendio. Puede haber también provisiones de primeros auxilios y equipo terapéutico de oxígeno, así como herramientas y refacciones para los equipos autónomos de oxígeno.

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 con los hallazgos de la cuadrilla.

EQUIPO REQUERIDO POR LA CUADRILLA

Equipo de protección personal:

Casco con barbiquejo, lámpara minera, ropa de trabajo de algodón manga larga y cinta reflejante, guantes, cinturón portalámpara, autorrescatador, rodilleras, bota de hule / zapato de seguridad, placa metálica de identificación, número de control en el hombro izquierdo

Equipo de trabajo:

Equipo autónomo, detectores de gases (metano, monóxido de carbono, oxígeno, óxidos nitrosos y sulfuro de hidrógeno), anemómetro, radios de comunicación

Un botiquín con:

Vendas, férulas para inmovilización, collarín cervical, sujetadores de velcro tipo araña, tijeras para cortar tela, guantes de látex / nitrilo, gasas, cinta adhesiva, jabón quirúrgico, agua destilada, baumanómetro, oxímetro, estetoscopio, una camilla rígida / tabla / férula espinal larga, una camilla de rescate tipo canoa o canastilla y una cobija / sabana térmica),

Herramienta de trabajo como:

barra de amacice (una de acero y una de bronce), martillo de acero, bastón de madera, pintura en spray, flexómetro, detector de voltaje/distanciómetro, calculadora, extintor portátil tipo abc, herramienta antichispa (martillo de goma / bronce y barra de amacice de bronce en caso de encontrar gases explosivos), línea de vida, reloj, plano, lápices, bicolor para marcar, equipo para señalización audible (cornetas), delantal para el capitán y gasero.

INGRESO A MINA

Antes de que la cuadrilla llegue a dar apoyo, es responsabilidad del capitán asegurarse de que cada integrante porte su equipo y aparato en buenas condiciones de operación, así como la camilla con todos los materiales y herramientas necesarias para la emergencia.

Una vez que la cuadrilla llegue con el encargado de la mina o jueces, el capitán debe presentar a su cuadrilla y recibir las indicaciones y planos del problema. Ya después de clarificar las dudas con los jueces o encargado de la mina, se preparan para iniciar con el trabajo de exploración.

Para ingresar a mina, el capitán debe revisar cada uno de los integrantes para que todos porten debidamente todo su equipo requerido y necesario y finalmente el co-capitán debe revisar el equipo y aparato al capitán.

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

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

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

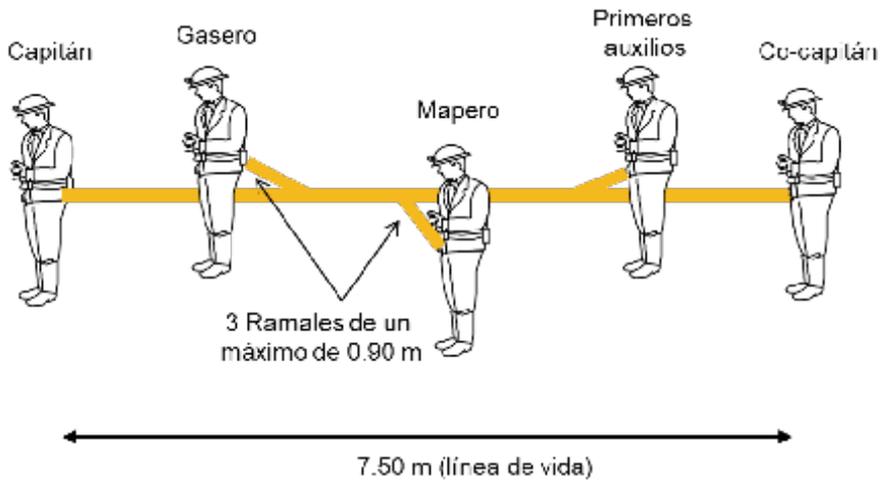
- a. La seguridad de la cuadrilla.
- b. El rescate de personas vivas o muertas.
- c. Recuperación o restablecimiento de las operaciones de la mina.

Al ingresar a mina por primera vez, debe realizar una primera parada durante los primeros 15 metros de avance, para revisar si algún integrante se siente mal o algún equipo no va funcionando correctamente, y si, el regreso es 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 ver las presiones de los cilindros de oxígeno de cada equipo y pasar la lectura más baja a la base de aire fresco para llevar un control.

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 mapero es el responsable de enviar y recibir la información a la base de aire fresco. Durante el avance, el capitán debe revisar el estado de los integrantes de la cuadrilla y equipos, sencillamente deteniéndolos brevemente y preguntando “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, ahí si se debe revisar a detalle al personal y estado de los equipos.

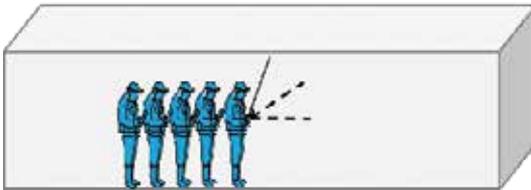
Orden que deben llevar los cuadrilleros durante la exploración en la línea de vida:



EXPLORACIÓN DE MINA

Al iniciar la exploración, se recomienda que utilicen el camino con aire limpio, siempre que sea posible. Si la mina cuenta con dos o más entradas de aire limpio, se ingresará por la entrada que tenga el mayor volumen de aire. 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. 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.

Cuando la cuadrilla va explorando en obras mineras con aire limpio, el capitán debe ir revisando principalmente el cielo y las tablas, con su bastón.



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

- Al encontrar humo durante la exploración, la cuadrilla tiene muy poca visibilidad o nula, y riesgos de caídas por no ver el piso, riesgos de caídas de roca, etc. El humo puede ser ligero que limite la visibilidad un poco, pero puede ser también muy denso que evite la visibilidad por completo. En este caso el capitán indicará que ingresaran a zona de humo, ¿que cómo están?,

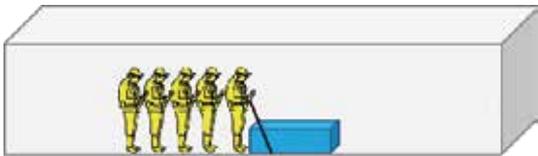
¿cómo se sienten? y la indicación para que cambien su lámpara del casco a la cintura y que se releguen a una de las tablas para que esto sirva de guía y seguridad. El capitán debe ir revisando con su bastón, la tabla contraria y piso. Se deben contar al ingresar y salir de la zona de humo denso.

Se recomienda que se vayan contando con frecuencia al ir avanzando en humo denso, para mayor seguridad y confianza de los cuadrilleros.



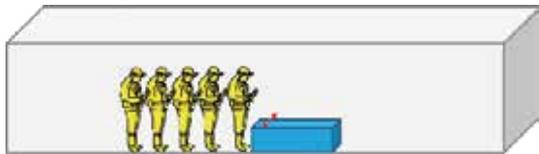
Cuadrilla avanzando en zona de humo, se colocan su lámpara en la cintura, se recargan a una de las tablas y capitán revisando con su bastón piso y tablas principalmente.

- Cuando la cuadrilla encuentra agua durante la exploración, el capitán debe revisar el área visualmente para detectar la presencia de cables eléctricos sobre o dentro del agua, revisión de gases en el lugar, profundidad del agua con su bastón de madera, así como revisar que no haya alguna víctima u obstáculos. Si la profundidad del agua no está más arriba de las rodillas, y no hay líneas eléctricas en el agua, la cuadrilla puede avanzar sin ponerse en riesgo, pero la cuadrilla no debe continuar su avance por ese lugar si la profundidad está por encima de las rodillas o con cables eléctricos, se debe de buscar otra ruta, o esperar que se bombé o se desenergicen las líneas, de acuerdo con las indicaciones de la base de aire fresco.



El capitán revisa el área para detectar cables eléctricos encima o dentro del agua, con su bastón revisa profundidad y verifica que no haya algún cuerpo u obstáculos en el agua.

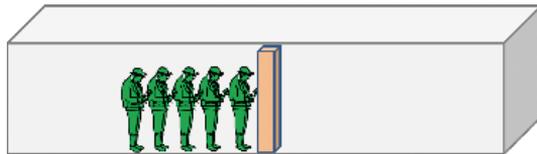
Si se cuenta con equipo de bombeo, y las condiciones del área permitan el bombeo, la cuadrilla puede realizarlo una vez que solicitaron autorización a la base de aire fresco. Tener presente que es muy importante conocer las condiciones de los gases en el lugar, el agua puede contener en sí gases solubles peligrosos como el H_2S y CH_4 , el cual puede ser liberado al introducir el bastón en el agua para revisar la profundidad y revisión de cuerpos u obstáculos. De ahí que después de que el capitán termina de revisar estos puntos, el gasero debe monitorear por encima del espejo del agua el H_2S a lo ancho de la obra minera (de tabla a tabla), y el CH_4 arriba de la cabeza.



El gasero monitorea el H_2S sobre el espejo del agua a lo ancho de la obra y el CH_4 encima de la cabeza, después de que el capitán terminó de revisar los puntos de seguridad.

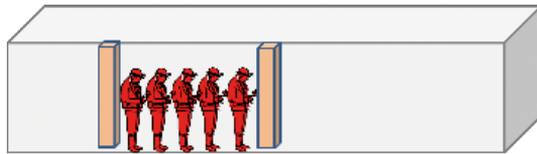
Si al monitorear los gases explosivos en el ambiente, después del movimiento del agua, nos resultan valores del 4% al 5% en adelante, se deben extremar precauciones, utilizando herramientas anti-chispa en cualquier trabajo que se requiera de golpear, para evitar alguna explosión. No ventilar el área para diluir estos gases, si aún, no se ha controlado el incendio.

Durante la exploración se puede encontrar una puerta cerrada, mampara o tapones, los cuales no se deben abrir o quitar para pasar, ya que las condiciones del otro lado no son conocidas, además se puede alterar la ventilación existente. Si se quiere continuar la exploración por ese lugar, se debe construir una esclusa de aire antes de la puerta o barricada encontrada para no mezclar las atmósferas en caso de que sean diferentes y no alterar la ventilación sin conocer los efectos.



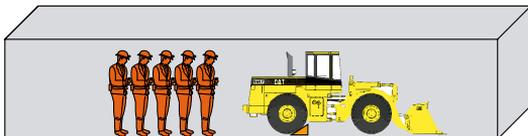
Al encontrarse una puerta, tapón o barricada, el capitán después de hacer el monitoreo de gases palpa la puerta para ver si no está caliente y pregunta a ver si hay alguien al otro lado.

- En caso de ser necesario anteponer un tapón o esclusa, para continuar la exploración donde se encuentre una puerta cerrada, barricada o mampara, se buscará el material en caso de que no se haya localizado aún y se construirá lo más cercano posible al tapón encontrado. Esto para minimizar la contaminación de las atmósferas.

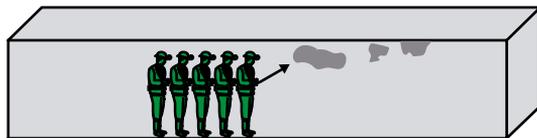


Cuadrilla anteponiendo un tapón para poder abrir la puerta o barricada encontrada y evitar la mezcla de dos atmósferas diferentes, o bien, para alterar la ventilación existente. Estos tapones se construyen a una distancia entre 1.20 y 1.80 m.

- A los equipos móviles que se encuentren durante la exploración, se les debe revisar si están apagados, bloqueo de llantas o en dirección hacia la tabla más cercana, revisar si hay alguna persona en el equipo, o debajo de él. En caso de no estar bloqueadas las llantas, se deben bloquear antes de continuar el avance y apagar el equipo si está encendido.
- Al llegar a un cielo flojo o inestable, después de realizar el monitoreo de gases, se debe realizar el amacice. Si después de amacizar el cielo continua inestable, se requiere soportar para poder continuar el avance por ese camino. El soporte debe iniciar y terminar a una distancia de 30 centímetros del inicio y fin del cielo inestable, cada soporte debe ir a un metro de separación a partir del primero que se instala a 30 centímetros del inicio del cielo flojo.

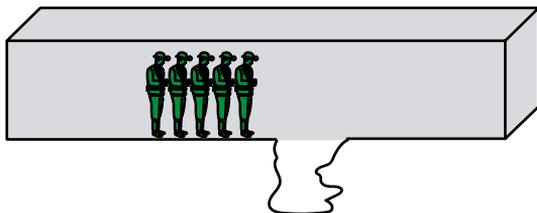


Revisión en el equipo: Apagado, bloqueo de llantas y buscar personal arriba del equipo, abajo o alrededor.



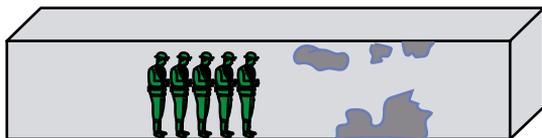
El terreno inestable, la cuadrilla después de la revisión de gases, debe amacizar, si continua con el cielo flojo después del amacice, el terreno requiere soporte para poder continuar la exploración por ese lugar.

- Al encontrar un hundido impasable, la cuadrilla revisa los gases ambientales, dirección del flujo de ventilación y se acerca el capitán al límite de inicio del hundido para revisar el fondo.



Al encontrar un hundido, se revisa el límite inicial, monitoreo de gases y flujo de ventilación.

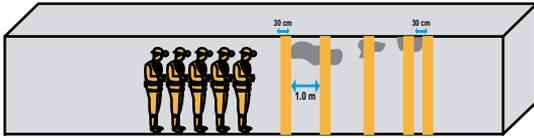
- En una zona con caídos de roca, se monitorean los gases, se amaciza, se verifica si hay flujo y dirección de la ventilación y la posibilidad de continuar el avance por ahí después de amacizar.



Al encontrar caídos de roca: se monitorean los gases, se amaciza, se verifica el flujo y dirección de la ventilación y se verifica si hay posibilidad de continuar el avance por ahí.

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 las siglas FI (fechas e iniciales), 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 anoto en su plano, debe pasarla al hombre base (sexto hombre de la cuadrilla) para que también lo indique en su plano.



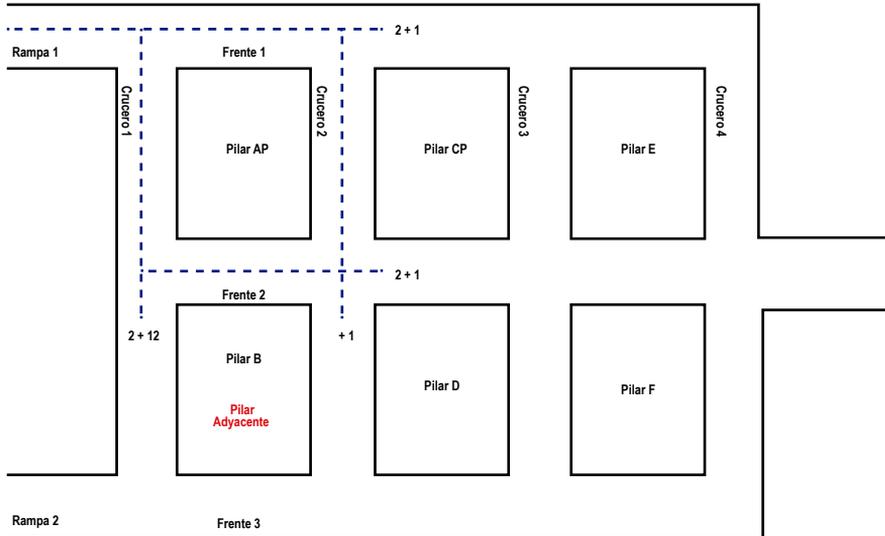
Cuadrilla soportando cielo inestable. El primer y último soporte deben ir colocarse 30 cm antes y después del cielo inestable. A partir del primer soporte los demás van a un metro de separación.

REGLA 2 + 1

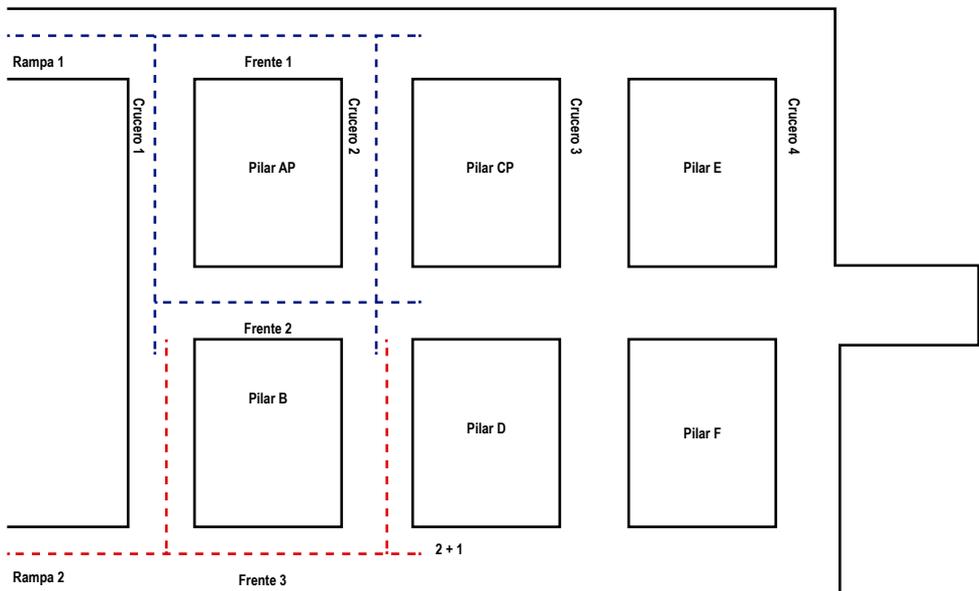
Durante la exploración ningún miembro de la cuadrilla debe avanzar más de 1.0 metro (regla 2 + 1) más allá de la segunda intersección por donde se avance, ya sea cuando la cuadrilla avanza en dirección norte/sur o cuando avanza en dirección oriente/poniente. La cuadrilla no debe continuar la exploración por donde está avanzando, si aún no se han explorado las obras del bloque o pilar adyacente en su totalidad 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 de seguridad. En pocas palabras, la exploración es de bloque en bloque o de pilar en pilar.

EXPLICACIÓN DE APLICACIÓN DE LA REGLA 2 + 1: EXPLORACIÓN SISTEMÁTICA

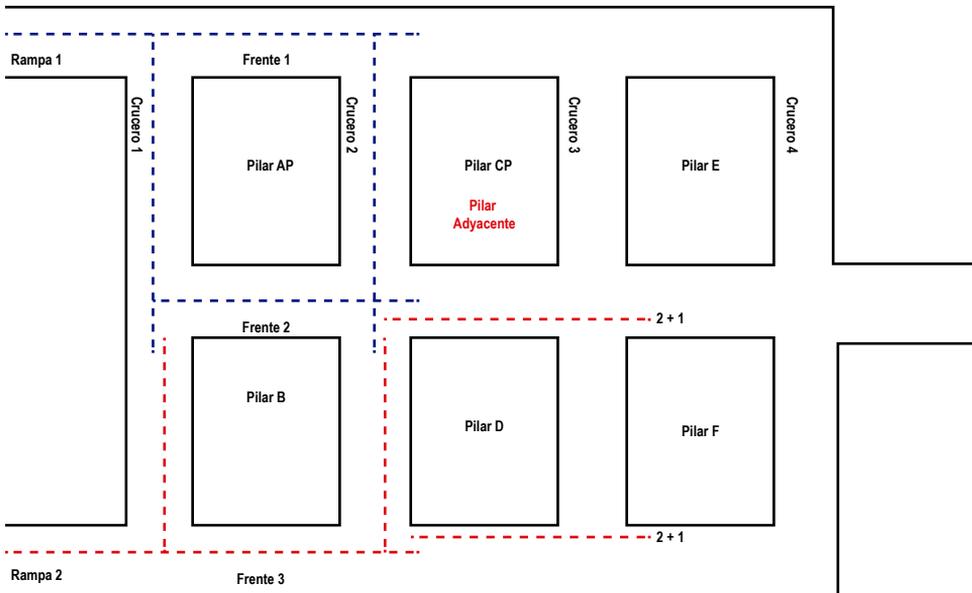
a) Primera entrada de la cuadrilla por la rampa 1



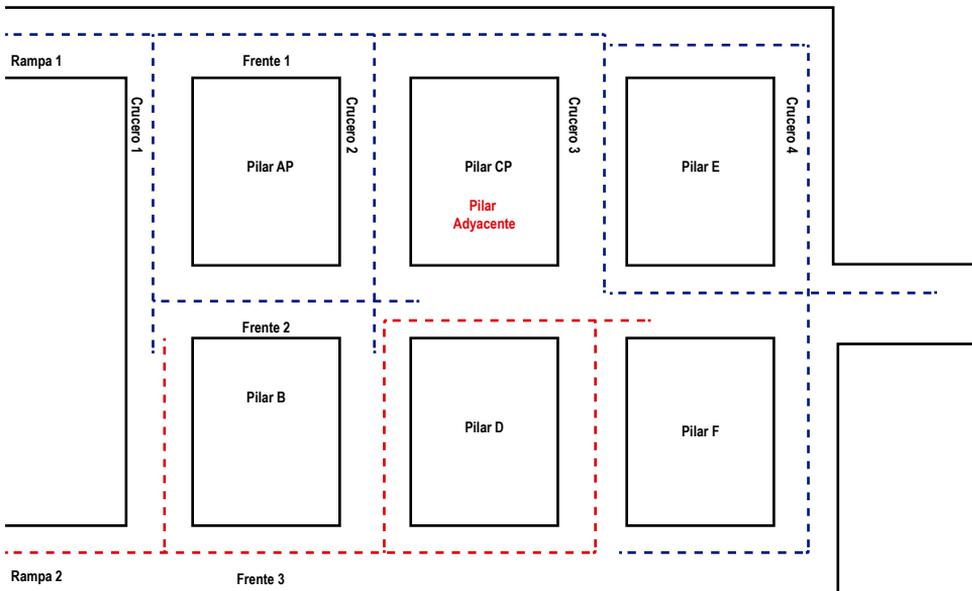
b) Segunda entrada de la cuadrilla por la rampa 2



c) Continúa la exploración por ahí mismo hasta llegar a siguiente crucero



d) Continúa la exploración ahora por la rampa 1 hasta terminar

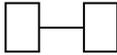
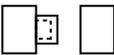
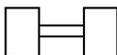
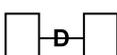
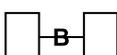
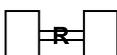
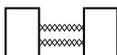
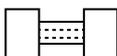


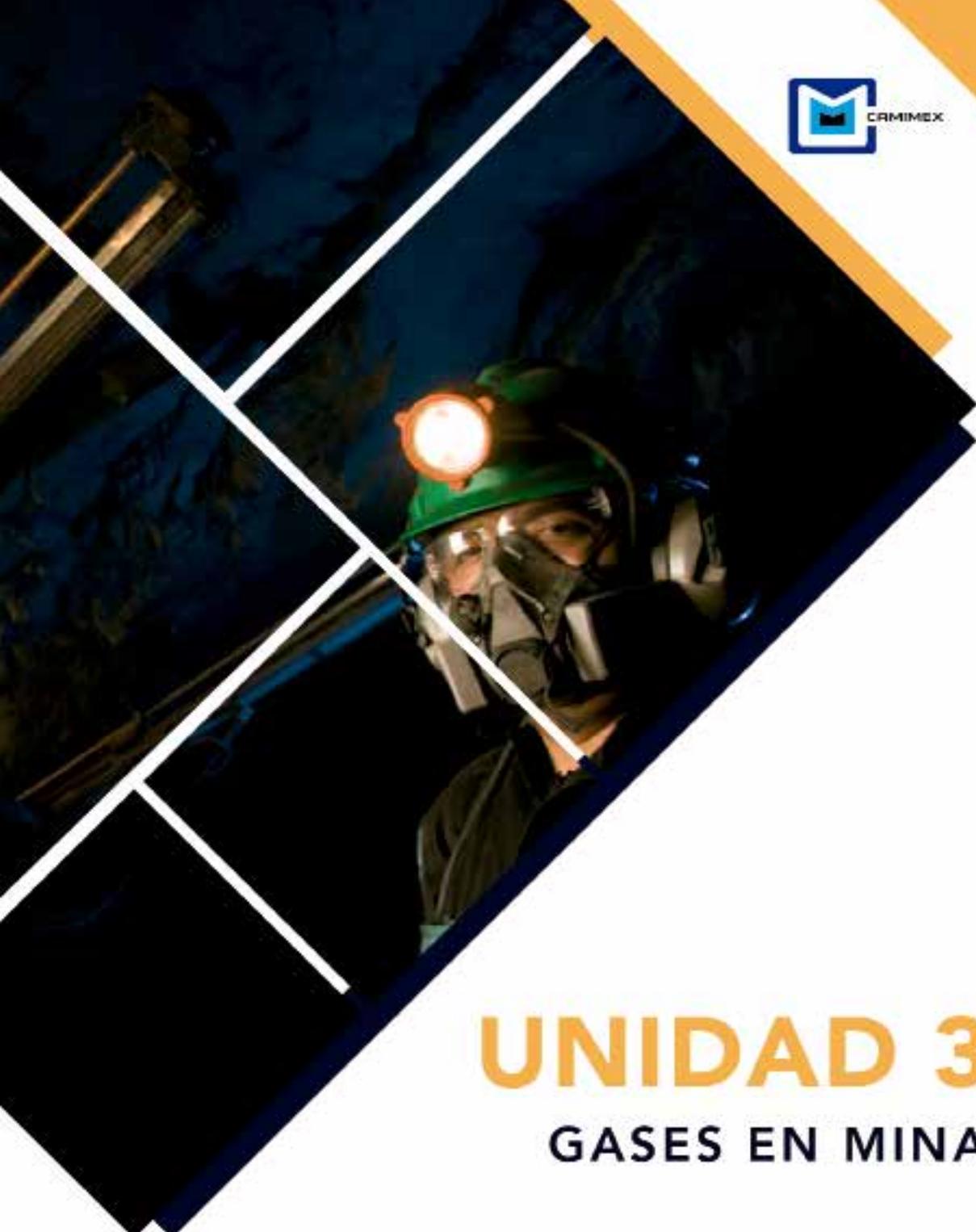
REPORTE DE EXPLORACIÓN

Cuando la cuadrilla regresa a la base de aire fresco, el capitán se reúne con el coordinador de la base y con el capitán de la cuadrilla que ingresa a continuar con la exploración, esto para hacer una retroalimentación acerca de lo que la cuadrilla encontró, hasta donde llegaron, gases encontrados, condiciones de las obras mineras, personal que sacaron a superficie y cuerpos localizados, así como mamparas o tapones que se hayan construido. y sobre todo lo que falta de explorar, y sugerencias al capitán de la cuadrilla que ingresará sobre lo que debe llevar o hacer.

Una información bien detallada con todos los hallazgos bien plasmados en el plano, facilitará la investigación de lo sucedido, así como un buen reporte para que el centro de mando informe a los familiares de mineros atrapados, autoridades y medios de comunicación.

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	FI	FECHA E INICIALES DEL CAPITÁN
	REGULADOR	PMA	PUNTO MÁS ALEJADO DE EXPLORACIÓN
	CORTINA	X	CUALQUIER OBJETO ENCONTRADO
	HUNDIDO IMPASABLE	15	REVISIÓN DE LOS 15 METROS
	CIELO FLOJO INESTABLE	20	REVISIÓN DE LOS 20 METROS
	INCENDIO	SE	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA
WWWW	AGUA		ROCAS FLOJAS
	VÍA		



UNIDAD 3

GASES EN MINA

OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD

Los integrantes de las cuadrillas de rescate conocerán 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.

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 oxígeno a las áreas de trabajo.

Pero durante un desastre, la situación es muy diferente. Los incendios o explosiones liberan gases peligrosos dentro de la atmósfera de la mina y con un sistema de ventilación interrumpido, dañado o apagado podría resultar 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, debemos entender lo que son los tres estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso). Un sólido tiene una forma y volumen definido, están formados por partículas estrechamente unidas. Un líquido tiene un volumen definido, pero toma la forma de acuerdo con el recipiente que lo contiene. El estado líquido puede considerarse intermedio entre los estados sólido y gaseoso, sus partículas están en movimiento continuo y están más dispersas que en los sólidos.

Un gas es una sustancia sin forma o volumen definidos. Se expande o se contrae para llenar el volumen del recipiente que lo contiene, están compuestos por partículas muy móviles y separadas debido a la poca fuerza de atracción que hay entre ellas, de ahí resulta que no tienen volumen ni forma definida.

Ejemplo del agua en sus tres estados de la materia

El punto de congelación del agua es a 0°C. De este modo, cuando el agua se encuentra a una temperatura inferior a 0°C, está en estado sólido (hielo).

Entre los 0 y 99°C, se halla en estado líquido y arriba a los 100°C es su punto de ebullición, y a partir de esta temperatura pasa a estado gaseoso (gas).

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

SÓLIDO

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

LÍQUIDO

- Volumen definido
- Toma la forma del recipiente que lo contiene
- Incompresibles
- Partículas con unión no tan estrecha en movimiento

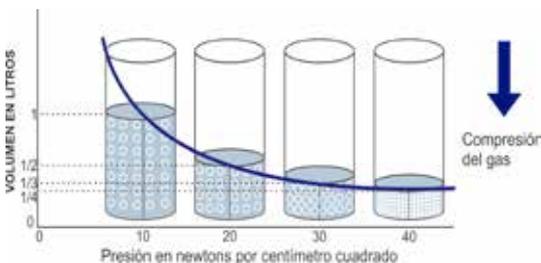
GASEOSO

- Toma la forma y el volumen del recipiente que los contiene
- Compresible
- Partículas móviles con gran espacio entre ellas



Ejemplo del agua en sus tres estados de la materia

Difusión de Gases: Se refiere a la mezcla de dos o más gases entre sí. El volumen de un gas cambia en respuesta a cualquier cambio 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 de un gas, su volumen disminuye. Al disminuir la presión, el volumen aumenta. Son inversamente proporcionales

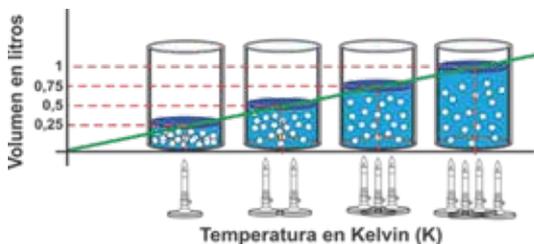
Temperatura y sus efectos en el grado de difusión

Es importante saber cómo 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 provoca la expansión de los gases. Esto los dispersa más rápidamente.

Las bajas temperaturas actúan en forma opuesta: Los gases responden al frío contrayéndose y dispersándose más lentamente.

te. En resumen, un aumento de temperatura provoca la expansión de un gas y una disminución provoca contracción.



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

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

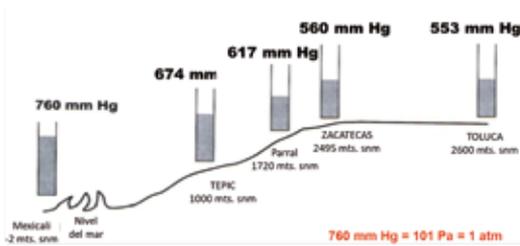
Conociendo los efectos de la corriente de aire, temperatura y presión sobre un gas ayudará a determinar su grado de difusión. El grado de difusión es qué tan rápido el gas se mezclará o combinará con uno o más gases y qué tan rápido puede ser dispersado.

La presión atmosférica afecta el grado de difusión de un gas. Por ejemplo, si la presión sobre un gas aumenta, 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



La gravedad específica es la relación de la densidad 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 conoce la gravedad específica o peso de un gas, sabrá donde estará localizado en la mina y por lo tanto donde 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, se puede predecir que este gas se encontrará más 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.

GE = DENSIDAD DEL GAS / DENSIDAD DEL AIRE en (kg/m³)
La densidad del aire es de 1.29 kg/m³

Gas	Densidad	Calcular GE
Dióxido de Azufre (SO ₂)	2.926 kg/m ³	2.926/1.29 = 2.268
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1.977	1.977/1.29 = 1.532
Monóxido de Carbono (CO)	1.25	1.25/1.29 = 0.968
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	1.535	1.535/1.29 = 1.190
Oxígeno (O ₂)	1.429	1.429/1.29 = 1.107
Metano (CH ₄)	0.717	0.717/1.29 = 0.555
Bióxido de Nitrógeno (NO ₂)	2.050	2.050/1.29 = 1.589

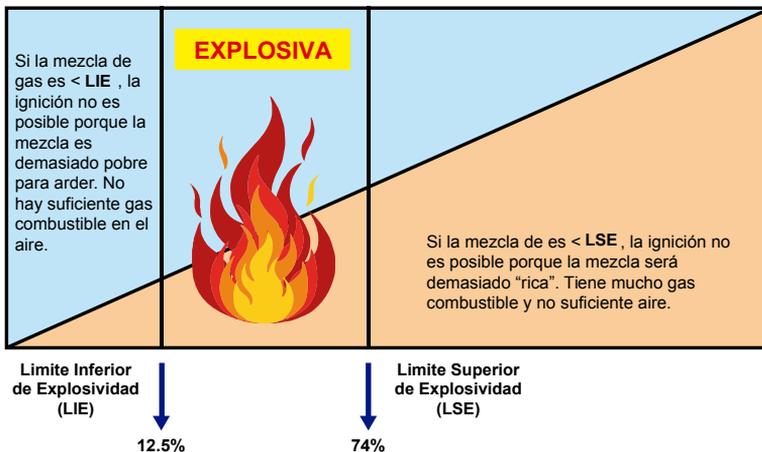
Rango Explosivo e Inflamabilidad: Un gas que arde se dice que es “inflamable”, cualquier gas inflamable puede explotar bajo ciertas condiciones.

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.

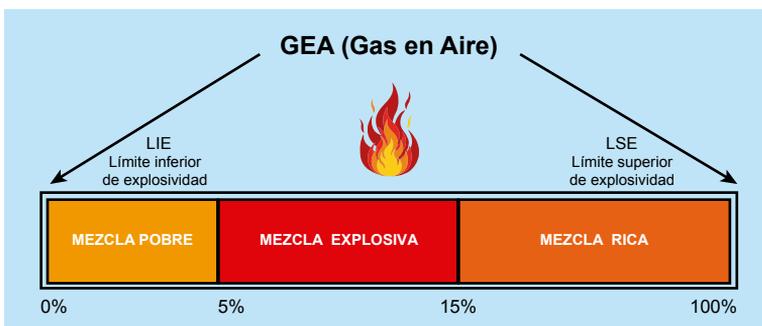
El rango de explosividad de un gas tiene dos límites: El Límite Inferior de Explosividad (LIE) y el Límite Superior de Explosividad (LSE). Cada gas tiene estos dos límites.



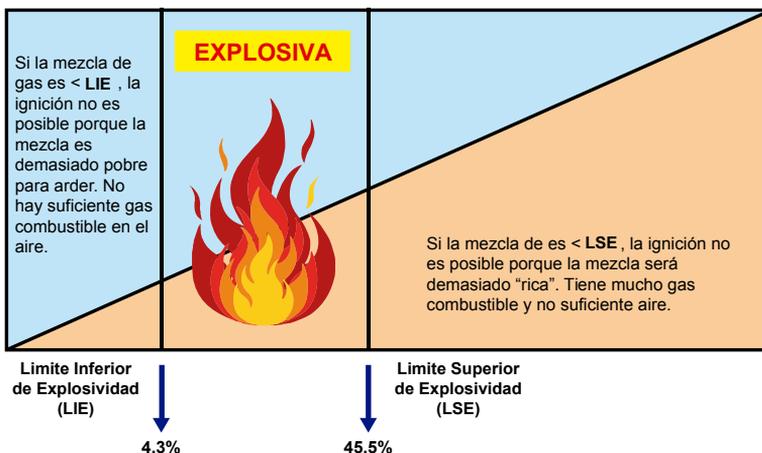
LIMITES DE EXPLOSIVIDAD DEL MONOXIDO DE CARBONO (CO)



LIMITES DE EXPLOSIVIDAD DEL METANO (CH₄)



LIMITES DE EXPLOSIVIDAD DEL HIDROGENO SULFURADO (H₂S)



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 y Metano son gases solubles en el agua, los cuales 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 el gas, (2) que tan tóxico es el gas y (3) tiempo de exposición. Por ejemplo, el

TLV (valor límite permisible) 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 (CO₂) es de 5,000 PPM (0.500%), se puede tolerar esta concentración diaria por un periodo de 8 horas diarias sin efectos dañinos. Los gases tóxicos son dañinos al inhalarlos, un aparato de respiración autónomo protegerá de dichos gases. Otros gases tóxicos dañan la piel o pueden ser absorbidos por la misma, un aparato de respiración autónomo, no protegerá de dichos gases. Si usted porta su equipo autónomo 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.

Algunos gases tóxicos o venenosos en minas: Monóxido de carbono, Sulfuro de hidrógeno, Óxidos nitrosos.

Gases Asfixiantes o Sofocantes: “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.

Algunos gases asfixiantes o sofocantes en mina: Bióxido de carbono, Nitrógeno y Metano

Gases Explosivos: 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.

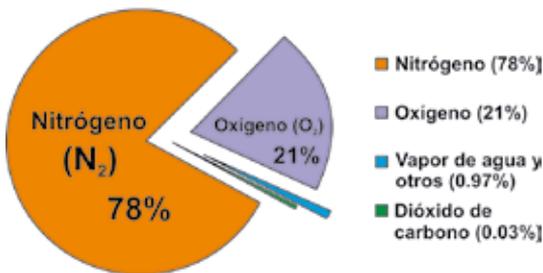
Aire Normal: El aire que respiramos es realmente una mezcla de gases, el aire limpio seco al nivel del mar está compuesto por un 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y el 1% restante de otros gases.

Algunos gases explosivos en mina: Metano, Sulfuro de hidrógeno, Monóxido de carbono.

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

Composición del aire:

Fíjate bien en una cosa: no es una sustancia pura. Es una MEZCLA



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 produce gases peligrosos.

Los gases presentes en la mina después de un desastre variarán de acuerdo con el 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 los cuadrilleros deben saber cómo monitorear los diferentes gases como el Sulfuro de Hidrógeno que se libera del agua estancada o putrefacta, 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 localizan 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 con deficiencia de oxígeno puede ocasionar la muerte.

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)

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 un detector portátil de oxígeno o detector multigases con sensor de oxígeno.

Dado que el oxígeno es ligeramente más pesado que el aire (1.1054), mantenga su detector portátil al nivel de la cintura cuando se monitorea.

Cuándo hacer Pruebas. Durante la exploración, haga pruebas tan seguido como sea necesario para determinar la cantidad de oxígeno en la atmósfera.

Significado de los Hallazgos. Si el extractor principal de la mina continua en operación, y el detector de oxígeno indica una deficiencia, esto nos indica que un incendio o explosión ha sucedido en la mina.

Nitrógeno (N₂)

Gravedad específica: 0.9674

Rango Explosivo e Inflamabilidad: El nitrógeno no es un gas inflamable, ni explosivo.

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 en la atmósfera.

Otra fuente de nitrógeno, es la detonación de explosivos en minas subterráneas.

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

Significado de los Hallazgos: Los niveles altos de óxidos nitrosos se encuentran con frecuencia, después de la detonación de explosivos. Hay un elevado contenido de nitrógeno y una atmósfera con deficiencia de oxígeno.

Método de Detección: Análisis químico.

Cuándo hacer Pruebas: Realizar monitoreo de nitrógeno cuando sospeche que la atmósfera tiene deficiencia de oxígeno, después de un incendio o explosión 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 roca. Este gas se debe muestrear con un detector portátil a la altura del tórax.

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%.

El monóxido de carbono es un gas tóxico debido a que 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 poca cantidad como 500 ppm (0.05%) pueden matarle en tres horas. Si está expuesto a concentraciones altas de CO, 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 de mina, explosiones, detonación de explosivos y emisiones de equipos diésel en mina.

Método de detección: El monóxido de carbono puede ser muestreado por medio de detectores de monóxido de carbono

y detectores multigases. Debido a que el CO es ligeramente más liviano que el aire, mantenga su detector portátil al nivel del tórax.

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 12.5%, 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.

Vapores Nitrosos (NO₂ ó N₂O₄)

Dióxido de Nitrógeno (NO₂, ó N₂O₄)

Gravedad específica: 1.5894

Rango Explosivo e Inflamabilidad: El NO₂ no arderá ni explotará.

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

Cuando 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 de inmediato, sino varias horas después o al día siguiente de la exposición 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.

Color / Olor / Sabor: Café rojizo en concen-

traciones altas. Huelen y saben cómo humo de pólvora.

Causa u Origen: Son producto de incendios y detonación y quema de explosivos. También son emitidos de los motores diésel, desperfectos eléctricos que producen arcos o chispas.

Dónde se encuentra: Debido a que son más pesados que el aire, tienden a estabilizarse en los lugares bajos de la mina.

Métodos de Detección: Utilizar un detector portátil o multigases a la altura de las rodillas.

Significado de los Hallazgos: Las lecturas de NO_2 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_2 , eso indica que la ventilación es inadecuada.

Sulfuro de Hidrógeno (H_2S), también conocido como Hidrógeno Sulfurado y Ácido Sulhídrico

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. Su rango más explosivo es 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: Altamente 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 de carbón.

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 (como 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 agua estancada vieja, principalmente en áreas abandonadas de las minas.

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, o un detector multigases. Debido a que el H_2S es relativamente pesado, mantenga su detector

portátil abajo de la cintura (entre la cintura y rodillas).

Usted puede reconocer el H₂S por su olor distintivo a huevos podridos. Sin embargo, la exposición continúa 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 taponos o sellos de un incendio, y después de incendios de mina.

Significado de los Hallazgos: Una acumulación del sulfuro de hidrógeno podría indicar 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 (SO₂)

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 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 piritita (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 estar 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 portátil o un multigases. 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 SO₂ podrían indicar un incendio de mina o una explosión de polvo de metal sulfúrico.

Dióxido de Carbono (CO₂)

Gravedad Específica: 1.5291

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

Riesgo para la Salud: Es sofocante en altas concentraciones. El aire normal contiene alrededor del 0.03% de dióxido de carbono.

Respirar aire conteniendo un 5% de dióxido de carbono aumenta la respiración en un 300%, causando dificultad al respirar. Respirar aire que contiene 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 CO₂. En algunas minas, es liberado del estrato rocoso.

Dónde se encuentra: Debido a que es relativamente pesado, el CO₂ será encontrado 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 para muestrear el CO₂, manteniendo el detector entre la cintura y rodillas.

Cuándo hacer pruebas: Haga pruebas de CO₂ después de un incendio o explosión. También haga pruebas cuando entre a un área inactiva de la mina o reabra un área sellada.

Significado de los Hallazgos: Lecturas elevadas de CO₂ 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 (CH₄)

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 rango más explosivo del metano es del 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 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 de carbón.

Dónde se Encuentra: Debido a que el metano es relativamente ligero, está 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. También se puede encontrar al remover o bombear agua de labrados viejos.

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 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.

Hidrógeno (H₂)

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 asfijante. 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 eléctricas produce hidrógeno también.

Dónde se Encuentra: Usted puede esperar encontrar hidrógeno en la cercanía de estaciones de recarga de baterías eléctricas, 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 portátil o multigases en el 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

El humo es un resultado de la combustión. Consiste en 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.

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.

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 la visibilidad durante la exploración. Este factor añade un elemento extra de dificultad a cualquier operación de rescate.

PROPIEDADES DE LOS PRINCIPALES GASES EN MINAS SUBTERRÁNEAS

Gas	Formula Química	Monitoreo	Gravedad Específica	TLV 8 hrs	Rango Explosividad	Peligros a la salud	Fatal Instantáneo	No abrir barricadas
Aire		Ombigo	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 ₄	Arriba Cabeza	0.5545	-1%	5 al 15%	Altamente explosivo Asfixiante arriba 12%	Más del 25%	
Óxidos Nítricos	NO ₂	A las Rodillas	1.5894	3 ppm		Altamente tóxico Corrosivo S. Respiratorio	Más de 100 ppm	20 ppm
Oxígeno	O ₂	Cintura	1.1054	19.5%			6%	17%
Hidrógeno Sulfurado	H ₂ S	Abajo Cintura	1.1906	10 ppm	4.3 a 45.5%	Altamente tóxico Es explosivo	Más de 1000 ppm	110 ppm
Bióxido de Azufre	SO ₂	Abajo Rodillas	2.2638	5 ppm		Altamente tóxico Puede ser asfixiante	Más de 1000 ppm	100 ppm
Bióxido de Carbono	CO ₂	Entre cintura y rodillas	1.5290	5000 ppm		Respiración profunda Jadeos	Más de 15000 ppm	4000 ppm
Acetileno	C ₂ H ₂	Cara	0.9070		2.5 a 85%	Jadeos, mareo, perdida de conocimiento		
Hidrógeno	H ₂	Arriba Cabeza	0.0695		4 a 74%	Asfixiante Altamente explosivo		

CONVERSION DE GASES DE PARTES POR MILLÓN (PPM) A PORCENTAJE (%)

GAS	En ppm	En %
H ₂	5000	0.5
CH ₄	5000	0.5
CO	25	0.0025
N ₂	5	0.0005
O ₂	-	19.5
H ₂ S	10	0.001
CO ₂	4000	0.4
NO ₂	5	0.0005
SO ₂	5	0.005

PROCEDIMIENTO DE CONVERSIÓN DE GASES DE PPM A PORCENTAJE Y VICE-VERSA

Para convertir partes por millón en porcentaje, se divide la concentración del gas entre 10000, ejemplo:

$$5000 \text{ ppm} / 10000 = 0.5\%$$

Para convertir porcentaje a partes por millón, se multiplica la concentración del gas por 10000, ejemplo:

$$0.25 \% \times 10000 = 2500 \text{ ppm}$$

DETECCIÓN Y PROPIEDADES DE LOS GASES EN MINAS SUBTERRANEAS:

METANO (CH ₄)	
Gravedad específica: 0,5545 Rango explosivo: 5 a 15% en aire contenido cuando menos 12.1% de oxígeno	Otras propiedades Color: ninguno Olor: sulfuroso Sabor: amargo, ácido
Peso Relativo 	Causa u Origen Puede ser producido por: 1. El estrato cuando el esquistos carboníferos 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
	Riesgos a la salud No es tóxico. Puede causar asfixia en concentraciones altas. El aspecto más peligroso es el hecho de que es explosivo
	Detección 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	Otras propiedades Color: ninguno Olor: ninguno Sabor: ninguno
Peso Relativo 	Causa u Origen 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
	Riesgos a la salud 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
	Detección 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.

OXÍGENO (O ₂)	
<p>Gravedad específica: 1.1054 Rango explosivo: Apoya la combustión</p> <div style="text-align: center;"> <p>Peso Relativo</p> </div>	<p>Otras propiedades Color: ninguno Olor: ninguno Sabor: ninguno</p> <p>Causa u Origen 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> <p>Riesgos a la salud Deficiencia de oxígeno 17% Jadeo 15% Tensión en la frente malestar de cabeza, mareo 9% Inconciencia 6% Muerte</p> <p>Detección 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>

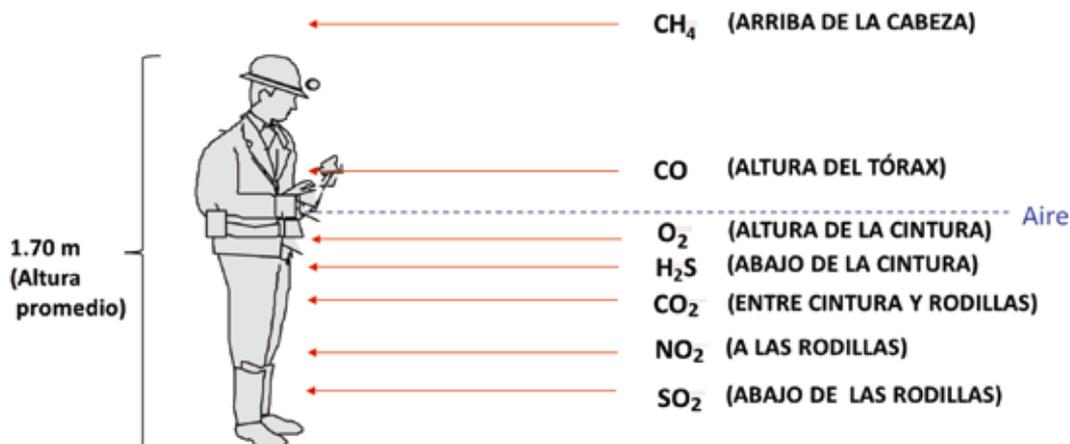
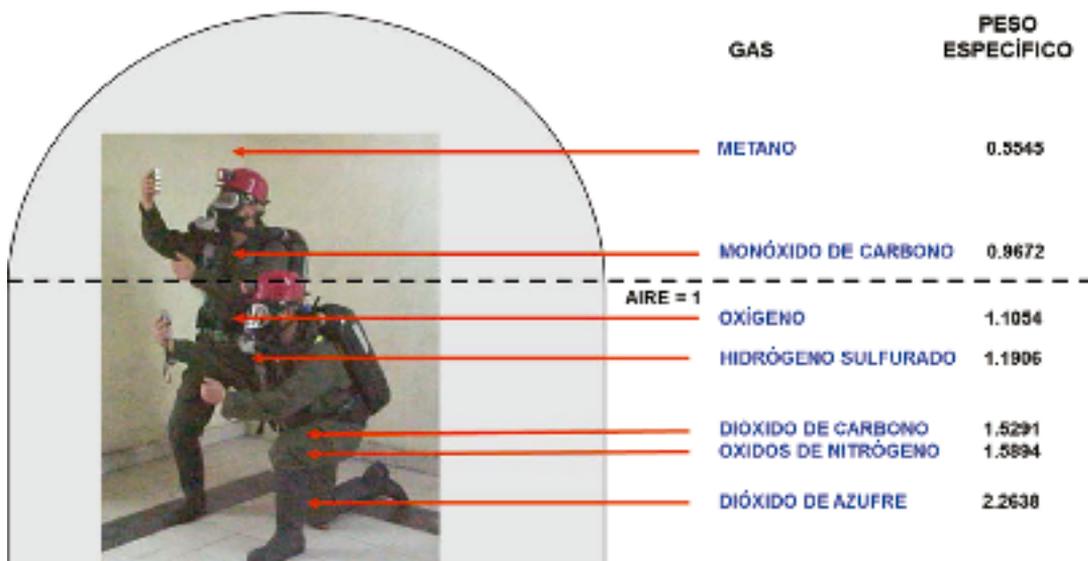
SULFURO DE HIDRÓGENO (H ₂ S)	
<p>Gravedad específica: 1.1906 Rango explosivo: 4.3 a 45.5% en aire normal</p> <div style="text-align: center;"> <p>Peso Relativo</p> </div>	<p>Otras propiedades Color: ninguno Olor: huevo podrido Sabor: ligero sabor dulce</p> <p>Causa u Origen Producido cuando los compuestos de sulfuro se descomponen. Encontrando en ciertos campos de petróleo y gas y en algunas minas de yeso. Puede ser liberado de: 1. Alimentadores de metano 2. Cuando el agua ácida de la mina corroe los sulfuros metálicos del agua de mina que contiene el gas en solución 3. Cuando los sulfuros son calentados en presencia de la humedad 4. Cuando los minerales del sulfuro son volados</p> <p>Riesgos a la salud 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> <p>Detección 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 ₂)	
Gravedad específica: 1.5291 Rango explosivo: No explosivo	Otras propiedades Color: ninguno Olor: ninguno Sabor: las concentraciones altas pueden producir un sabor ácido
<p>Peso Relativo</p> <p>0.5</p> <p>1.5</p> <p>2.0</p> <p>Buscar en lugares altos</p> <p>Aire = 1</p> <p>Buscar en lugares bajos</p>	Causa u Origen El CO ₂ es un componente normal del aire. Producto de la combustión completa. Es también producido por: <ol style="list-style-type: none"> 1. Oxidación 2. Por la descomposición de bloques (de madera) 3. Como un subproducto de la respiración 4. Durante incendios, explosiones y voladura.
	Riesgos a la salud En altas concentraciones, el CO ₂ aumenta el ritmo de la respiración. Puede causar la muerte
	Detección 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 ₂)	
Gravedad específica: 1.5894 Rango explosivo: No explosivo	Otras propiedades Color: café rojizo Olor: humo de pólvora Sabor: humo de pólvora
<p>Peso Relativo</p> <p>0.5</p> <p>1.5</p> <p>2.0</p> <p>Buscar en lugares altos</p> <p>Aire = 1</p> <p>Buscar en lugares bajos</p>	Causa u Origen Puede ser producido por: <ol style="list-style-type: none"> 1. Incendios 2. Detonaciones y quema de explosivos 3. Motores diesel 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
	Riesgos a la salud Muy tóxico, aún en pequeñas cantidades irritarán su garganta. Se mezcla con la humedad en los pulmones para formar ácidos que corren 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.
	Detección 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 (SO₂)	
<p>Gravedad específica: 2.2638 Rango explosivo: No arderá ni explotará</p> <div style="text-align: center;"> <p>Peso Relativo</p> </div>	<p>Otras propiedades</p> <p>Color: ninguno Olor: sulfuroso Sabor: amargo, ácido</p> <hr/> <p>Causa u Origen</p> <p>Puede ser producido por:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Voladuras en mineral de sulfuro y por incendios contenido pirita ferrosa 2. Durante la quema de algunos combustibles diesel 3. Explosiones de sulfuros <hr/> <p>Riesgos a la salud</p> <p>Muy tóxico, peligroso aún en concentraciones pequeñas</p> <hr/> <p>Detección</p> <p>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



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



Bomba y tubos para muestreo del aire



Detector mutigases portátil



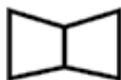
SIMBOLOGÍA DE GASES EN MINAS



Prueba de Gases



Dirección del Flujo del Aire



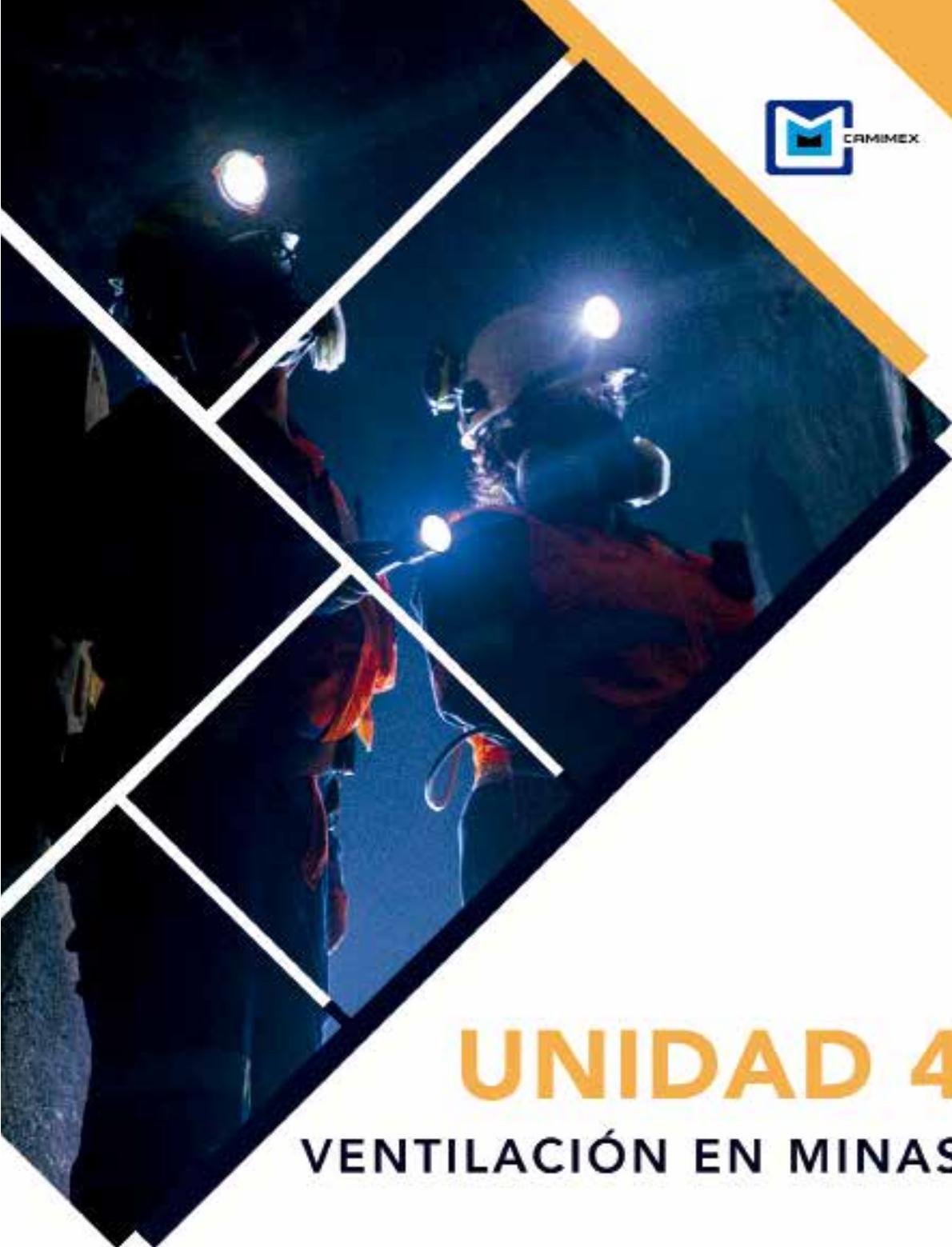
Ventilador

Ventilador con Mangas o
Tubos de Ventilación

Mezcla de Gases



Humo



UNIDAD 4

VENTILACIÓN EN MINAS



OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD

Los cuadrilleros de rescate comprenderán como el aire es dirigido a través de las obras mineras, para limpiar las áreas operativas y conocerán los métodos de ventilación y las medidas necesarias de acuerdo con la emergencia que se presente durante un incendio o explosión para su control inmediato.

INTRODUCCIÓN

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

Durante la exploración de la mina, la cuadrilla ira 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 se debe alterar la ventilación sin la autorización del centro de mando (vía base de aire fresco).

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 sobre la ventilación durante la emergencia para que el centro de mando indique lo que se debe hacer y donde, ya que ellos cuentan con los planos y medidas de 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 por lo 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 (solo en la pequeña minería), ya que el diferencial de presión no es 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 en mina, los ventiladores o extractores principales deben estar monitoreados o custodiados (vigilados) por una persona autorizada para asegurarse de que están operando normalmente. Si

la ventilación mecánica se detiene por algún motivo, pueden surgir condiciones peligrosas y la cuadrilla debe ser notificada para que salga de mina, o bien, para que extreme, precauciones de acuerdo con las concentraciones de los gases explosivos.

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 a las áreas operativas. Cuando la mina esta ventilada, el aire de superficie ingresa por la entrada o entradas principales y es dirigido o encauzado a las diferentes áreas de la mina mediante los 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 (velocidad mínima requerida en obras mineras, donde circule el equipo diésel, 15.24 m/min) (NOM-023-STPS-2012).

Todo el aire de regreso (sucio) de los niveles y áreas operativas, debe ser canalizado hasta la salida de la mina. Los tiros y rampas en las minas son por lo general entradas de aire limpio, y la vía de salida generalmente es por medio de extractores de superficie o en interior de mina.

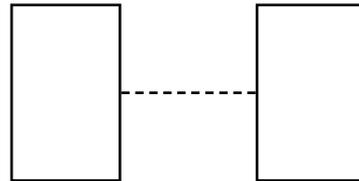
CONTROLES DE VENTILACIÓN

Los controles de ventilación en mina son usados para distribuir apropiadamente el aire en las obras mineras en operación, estos pueden controlar la **dirección y la cantidad** de aire.

Se tienen varios controles como son: Cortinas, puertas, puertas exclusas,

reguladores, mamparas o tapones temporales y permanentes. A continuación se describen cada uno:

Cortinas, son básicamente de trapo, lona o plástico, las cuales son colgadas del cielo de la obra y se pueden abrir para permitir el paso de las personas y el equipo. Son usadas para desviar la corriente del aire o polvo 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 y polvo hacia un lugar de específico.



CORTINA DE CONTROL

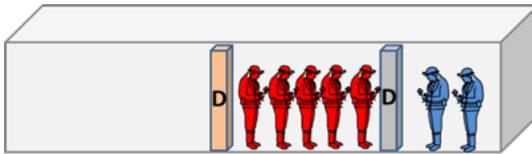
Puertas: son usadas en las minas para controlar la ventilación, evitan el flujo del aire a lugares que no lo requieren, también pueden ser usadas para dividir el aire de dos atmosferas diferentes. Las puertas son usualmente de dos hojas, se puede abrir una sola hoja para el paso de personal y materiales, y se abren las dos hojas cuando algún equipo va a pasar. También puede ser una sola puerta grande, de toda la sección y contener una puerta chica (normal) para el acceso del personal.

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 o al aire contaminado.



PUERTAS DE CONTROL

Puertas exclusas: Conocidas también como seguros de aire, son dos puertas construidas con separación aproximada entre 1.20 y 1.80 m una de otra. El propósito de estas puertas exclusas, es formar un candado de aire para separar dos atmósferas diferentes y permitir que la cuadrilla entre y salgan 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, estos candados de aire pueden ser construidos para rescatar a personal que se encuentra atrás de una barricada, de esta manera se puede lograr que la contaminación de las atmósferas sea mínima y no afecte a los sobrevivientes.

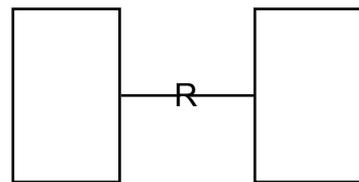


Cuadrilleros formando una esclusa para poder abrir la puerta donde están los sobrevivientes y apoyar en que sea mínima la contaminación

Reguladores: los reguladores se construyen para controlar y ajustar la cantidad del flujo de aire en un área de la mina. Una puerta entreabierta puede ser usada como un regulador, se puede abrir más o cerrar y el flujo cambia de acuerdo con las necesidades. También se puede construir una puerta o ventana corrediza en una mampara o tapón para ajustar el flujo de aire. Cuando una de estas puertas reguladoras se abre para permitir el paso de los mineros o equipo debe cerrarse de inmediato una vez que pasaron, se debe dejar en la posición en la cual fue encontrada. Un regulador puede hacerse también quitando bloques o tabiques de un tapón 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 para control del flujo de ventilación

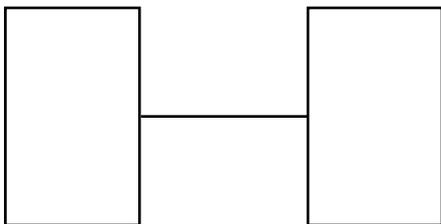


REGULADORES

Mamparas barricadas o tapones temporales: En trabajos de rescate son usadas para controlar el aire que alimenta a un incendio y así contenerlo de manera indirecta. También se utilizan para llevar el aire a los lugares donde hay personal refugiado tras una barricada y así diluir las concentraciones de gases para poder ingresar a la barricada y atención a los sobrevivientes antes de transportarlos a la base de aire fresco.

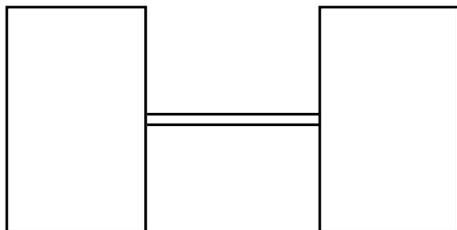
Las mamparas, tapones o barricadas, son construidas generalmente de madera, lona, hule o inflables de tela oxford o loneta.

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: 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. Este tipo de tapones son utilizados generalmente en minas llamadas gaseosas debido al gas metano (minas de carbón), para un mejor control de las explosiones que se generan.



TAPONES PERMANENTES

MEDICIÓN DE FLUJO, VOLUMEN Y CAUDAL DE AIRE

Velocidad, dirección, volumen y caudal 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 cuadrilleros deben saber cómo tomar las lecturas para conocer la dirección y velocidad del aire, así como las medidas para realizar los cálculos de volumen o caudal del aire antes de tomar las decisiones para el control de una emergencia.

El instrumento comúnmente usado para medir el movimiento del aire es el **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. 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.

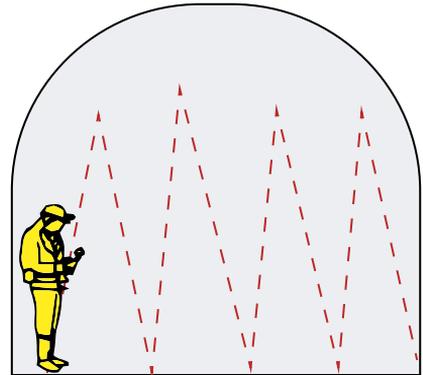
Para determinar el volumen del aire en una sección de la mina, se mide la sección de la obra y se calcula el AREA en metros cuadrados. El ÁREA es multiplicada por la VELOCIDAD que nos da la lectura del anemómetro y así obtenemos la cantidad de aire que está pasando por ese lugar en metros cúbicos/min.

El tubo de humo es un equipo que fue utilizado hasta los años 80s, para determinar en qué dirección se movía el aire, y apoyaba también para calcular su velocidad. Se utilizaba para flujos con muy baja velocidad, los cuales no podían ser monitoreados o detectados con los anemómetros.



TUBO DE HUMO

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



La medición del flujo del aire con el anemómetro, se debe medir en zig-zag tratando de cubrir toda el área de la sección transversal durante un minuto.

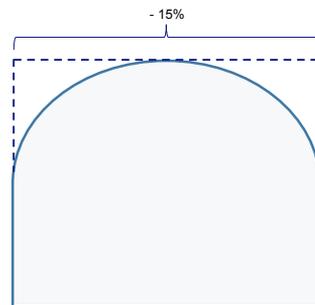
ANEMÓMETROS



ANEMÓMETRO DE PALETA



ANEMÓMETRO DIGITAL



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 circulares o mangas de ventilación, no aplica esto, ya que son obras de figura geométrica regular.

NOTA: El descuento del 15% puede hacerse directamente en el calculo del área, o al resultado final, da el mismo valor.

Ejemplo 1: Calcular el caudal de aire que pasa por una obra minera.

Sección de la obra = 4.0 m x 5.0 m

$$A = 4 \times 5 = 20 \text{ m}^2.$$

Velocidad del aire = 350 m/min

$$\text{Caudal (Q)} = (\text{Area})(\text{Vel}) = 20 \text{ m}^2 \times 350 \text{ m/min} = 7000 \text{ m}^3 / \text{min}$$

$$\text{Caudal} = (7000 \text{ m}^3 / \text{min}) - 15\%$$

$$\text{Caudal} = 7000 - 1050 = 5950 \text{ m}^3 / \text{min}$$

Ejemplo 2: Calcular el volumen de aire que pasa por un contrapozo de ventilación.

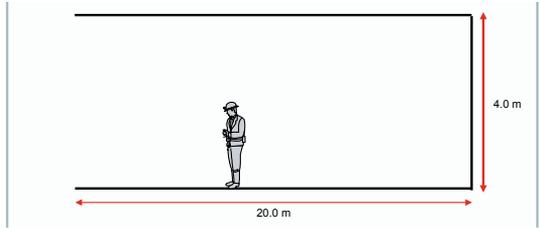
Sección de contrapozo de ventilación (Diámetro) = 2.40 m

Velocidad del aire 2,100 m/min

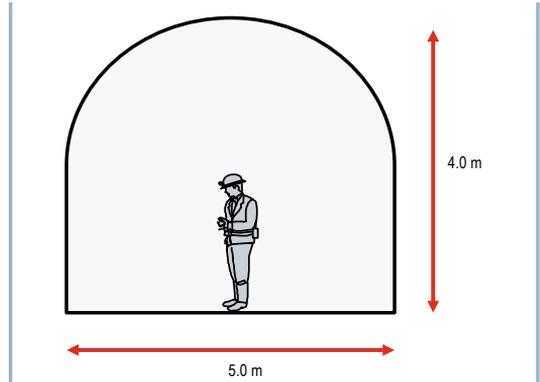
$$r = D/2 = 2.40 / 2 = 1.20 \text{ m}$$

$$A = \pi r^2 = 3.1416 \times 1.20 \times 1.20 = 3.1416 \times 1.44 = 4.52 \text{ m}^2$$

$$Q = AV = 4.52 \text{ m}^2 \times 2,100 \text{ m/min} = 9500 \text{ m}^3 / \text{min}$$

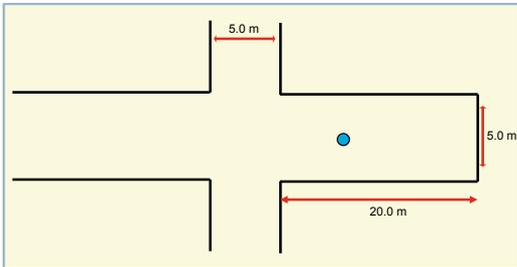


Longitudinal: En esta vista se conocen las medidas de longitud y altura

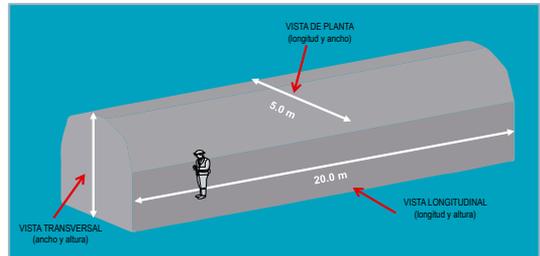


Transversal: En esta vista se conocen las medidas de la altura y ancho

VISTAS O SECCIONES DE UNA MINA



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



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



UNIDAD 5

INCENDIOS EN
MINAS SUBTERRÁNEAS



OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD

Los cuadrilleros de rescate minero subterráneo, entenderán las técnicas y procedimientos para combatir y controlar un incendio cuando se presente en la mina.

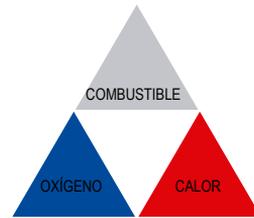
INTRODUCCIÓN

Combatir un incendio en mina subterránea puede ser una de las actividades más riesgosas, no solamente porque produce gases tóxicos y calor, sino porque genera 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 (oxígeno), 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.



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 ello que para extinguir un incendio es necesario remover alguno de esos elementos.

Combatir un incendio con agua remueve el calor, sellar el área de un incendio es otra forma de combatir un incendio al eliminar el oxígeno y retirando los materiales 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 (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 mina ayudara a evaluar la condición del incendio para tomar la mejor decisión de cómo combatir el incendio.

CONATO DE INCENDIO

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.

Los conatos deben ser controlados por el primero en escena (persona que está en su área de trabajo cuando esto ocurre).



¿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?

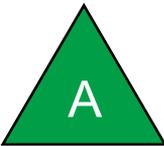
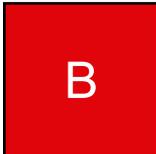
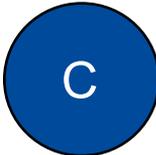
Un incendio ►► es un fuego fuera de control

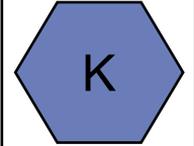
INCENDIO ← NO CONTROL SI → FUEGO



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

CLASIFICACIÓN DE INCENDIOS:

TIPO Y SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	<p>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.</p> <p>Estos incendios de la clase A dejan ceniza.</p>
	<p>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.</p> <p>La mejor manera de extinguir incendios de la clase B es excluyendo el aire o usar químicos de bióxido de carbono.</p>
	<p>Los incendios de la clase C son incendios eléctricos que típicamente involucran: motores eléctricos, cables, baterías, transformadores y circuitos eléctricos en general.</p> <p>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>

	<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.</p> <p>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).</p> <p>La mejor manera de atacar este tipo de incendios es con extintores tipo "K" de acetato de potasio.</p>

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, unos ejemplos de cómo se produce la radiación:

- a. La transmisión de ondas electromagnéticas en un horno microondas.
- b. El calor emitido por un asador.
- c. Luz emitida por el sol.

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.

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.**



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 estratificación. Algunos ejemplos:

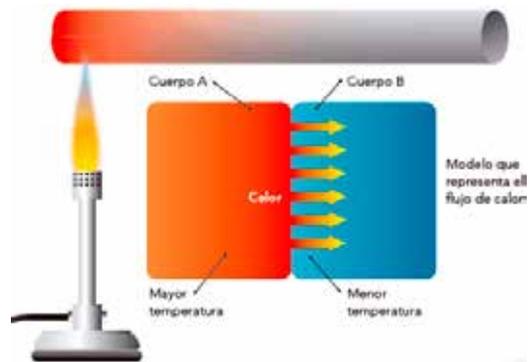
- La transferencia de calor de una estufa.
- Los globos aerostáticos que se mantienen en el aire por medio del aire caliente. Si se enfría inmediatamente el globo comienza a caer.
- El secador de manos o de pelo, que transmiten calor por convección forzada.
- El humo y fuego que trata de subir de un nivel bajo a los niveles superiores.



Conducción: Es la transmisión de calor de un cuerpo u objeto a otro, por medio de contacto. Hay materiales con una gran capacidad de transmitir calor, como los metales, el acero, aluminio, 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 el movimiento constante y separación de sus partículas, el aire es relativamente un pobre conductor. Algunos ejemplos a continuación:

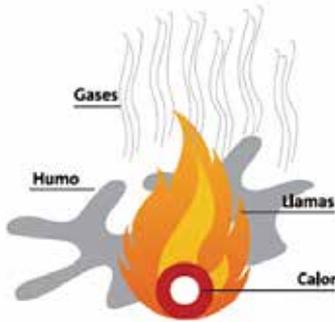
- Lo largo de los instrumentos para manipular carbón o leña, u otros objetos potencialmente muy calientes. Si su extensión fuera más corta, la transferencia de calor sería más rápida y no se podría tocar ninguno de los extremos.
- El hielo en una tasa de agua caliente se derrite por medio de la conducción.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



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



Calor:

Significa simplemente transferencia de energía. Es la forma de energía que se transfiere espontáneamente entre diferentes cuerpos o diferentes zonas de un mismo cuerpo que se encuentran a distintas temperaturas.

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 se generan durante los incendios son:

- Monóxido de carbono
- Bióxido de carbono
- Sulfuro de hidrógeno
- Bióxido de nitrógeno
- Deficiencia de oxígeno.

FASES DEL FUEGO

Fase incipiente

En ésta 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 (H₂O), bióxido de carbono (CO₂), pequeñas cantidades de bióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO) y algunos otros gases no relevantes.

Fase de combustión libre

En ésta segunda fase: El aire rico en oxígeno entra al fuego por las partes bajas de este, mientras el calor y los gases sube a las partes altas en forma de convección, acumulando grandes cantidades de calor, humo y gases calientes, que se expanden horizontalmente en todo el cielo de la obra minera, subiendo a los niveles superiores por medio de cualquier contrapozo, tiro, ductos de tuberías, etc. que le sirva como chimenea, en este momento la temperatura del incendio puede encontrarse más o menos a 700 °C.

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

Fase latente o de brasas

En ésta 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 este momento la temperatura será alrededor de 537 °C, el intenso calor tenderá a vaporizar las fracciones ligeras de los combustibles como el hidrógeno y metano los cuales se incrementarán a los ya existentes producidos por el fuego, ésta condición crea una atmósfera de alto riesgo, pues una corriente de aire fresco puede causar un retroceso de flama o explosión por flujo reverso (backdraft). Por este motivo un incendio en mina no debe sellarse al 100%, deben dejarse reguladores en los taponés de alimentación del aire y la descarga del humo, para enfriar, diluir concentraciones, y permitir la revisión y monitoreo del área sellada.

EQUIPOS CONTRA INCENDIO

Generalmente, los integrantes de las cuadrillas de rescate de minas están muy familiarizados con el uso de extintores de polvo químico seco multiusos, 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 carátula 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, 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 de este mismo o término del polvo químico del extintor.

La descarga del polvo químico seco del extintor es efectiva al descargarse entre 10 y 12 cm. 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	El agua
	Baja la temperatura a tal grado que impide la vaporización del material combustible	Extintores de soda - ácido, agua ligera
	Es la forma más común de extinguir fuego	Hidrantes y mangueras Rociadores automáticos

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

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 del incendio para humedecer 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.

LOCALIZANDO Y CONTROLANDO UN INCENDIO EN MINAS SUBTERRÁNEAS

Los principales objetivos de trabajo de exploración durante un incendio de mina son:

Localizar el incendio y evaluar las condiciones cerca del área de incendio.

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

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

El monóxido de carbono o el humo saliendo del ventilador principal o por la salida de aire son obviamente indicaciones de que hay un incendio.

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

Si la cuadrilla se encuentran con un incendio pequeño (controlable) durante la exploración de la mina, este 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.

El combate directo de un incendio incontrolable en mina no puede realizarse debido a los riesgos como: altas temperaturas, gases explosivos, calor, falta de visibilidad por exceso de humo y caída de rocas.

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, llenándolo de agua o espuma. Los métodos indirectos excluyen el oxígeno del fuego, el agua enfría y la espuma enfría y excluye el calor del incendio.

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

Sellado de un incendio incontrolable

El propósito de sellar un incendio de 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 poder continuar la operación en otras áreas.

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 utilizan en minas de carbón o (gaseosas).

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, hule, lona o inflables.

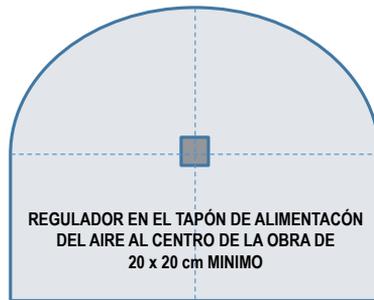
La cuadrilla debe seleccionar un lugar para la construcción de los sellos temporales una vez que ya identifico las caras del incendio, de acuerdo con el cálculo de volúmenes de aire que alimentan al incendio. El lugar debe tener buenas condiciones del cielo, tablas y piso para que haga un buen sellado.

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

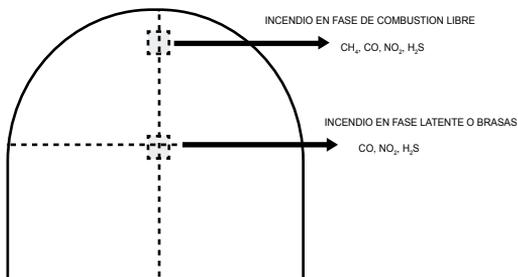
Ventilación

Al construir los tapones temporales, una de las cosas más importantes de considerar es la ventilación. La cuadrilla debe ser muy cuidadosa en asegurarse de que no haya cambios abruptos en la ventilación sobre el área del incendio, un flujo de aire constante

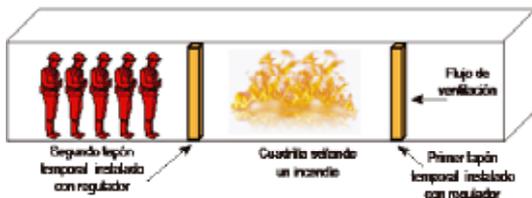
pero mínimo debe estar continuamente circulando por el área del incendio para diluir o evitar los gases explosivos, el calor y humo, de ahí que los reguladores son necesarios cuando menos en dos topones, un regulador en el tapón de entrada del aire al centro de la obra, se recomienda que sea de una sección mínima de 20 x 20 cm.



En el tapón de descarga del humo, se deben dejar dos reguladores de control, uno arriba cerca del cielo de la obra y el otro al centro de la obra, se recomienda una sección mínima de 20 x 20 cm.



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





UNIDAD 6

RESCATE DE
SOBREVIVIENTES

OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD

Los cuadrilleros entenderán los procedimientos que deben aplicar durante el rescate de sobrevivientes durante una emergencia por incendio o explosión en la mina.

INTRODUCCIÓN

Esta unidad de capacitación es acerca de cómo se debe rescatar a los sobrevivientes después que ha ocurrido una emergencia en la mina.

El rescate de sobrevivientes puede ser la parte más satisfactoria del trabajo de un cuadrillero.

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. ¿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 andar muy concentrada, escuchando y observando todo lo que encuentren durante la exploración, para obtener pistas, ya que los mineros que estén en algún refugio o barricada pudieron haber dejado 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 esta a su vez al centro de mando. El centro de mando puede indicar a una cuadrilla de apoyo que ingrese a ayudar en el rescate, llevando camillas extras, material de primeros auxilios, 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, como están, si utilizaron su autorrescatador y cuánto tiempo llevan barricados, así como sus nombres, donde andaban trabajando y si dentro hay algún material y herramientas.

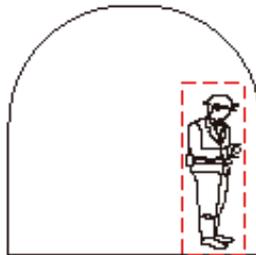
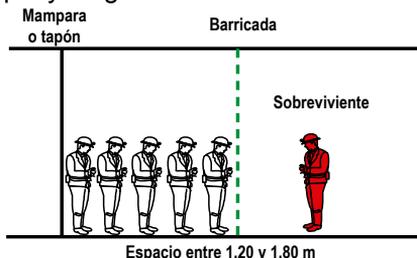
En caso de que haya dos o más sobrevivientes, la cuadrilla debe aplicar el procedimiento más seguro para sacar a los sobrevivientes uno a uno lo más pronto posible y de la manera más segura.

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 de descarga del incendio (humo y gases) va 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 ingrese a la barricada una vez que se abra. También se debe tener en cuenta que ya dentro del seguro de aire, el monitoreo de gases no debe exceder las concentraciones siguientes para poder abrir la barricada; O₂ (17%), CO (1200 ppm), CO₂ (400 ppm), NO₂ (20 ppm), H₂S (110 ppm) y SO₂ (100 ppm). El oxígeno no debe ser menor de 17%

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 solo 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, 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 urgentes 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 con 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 sobrevivientes en un refugio.

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

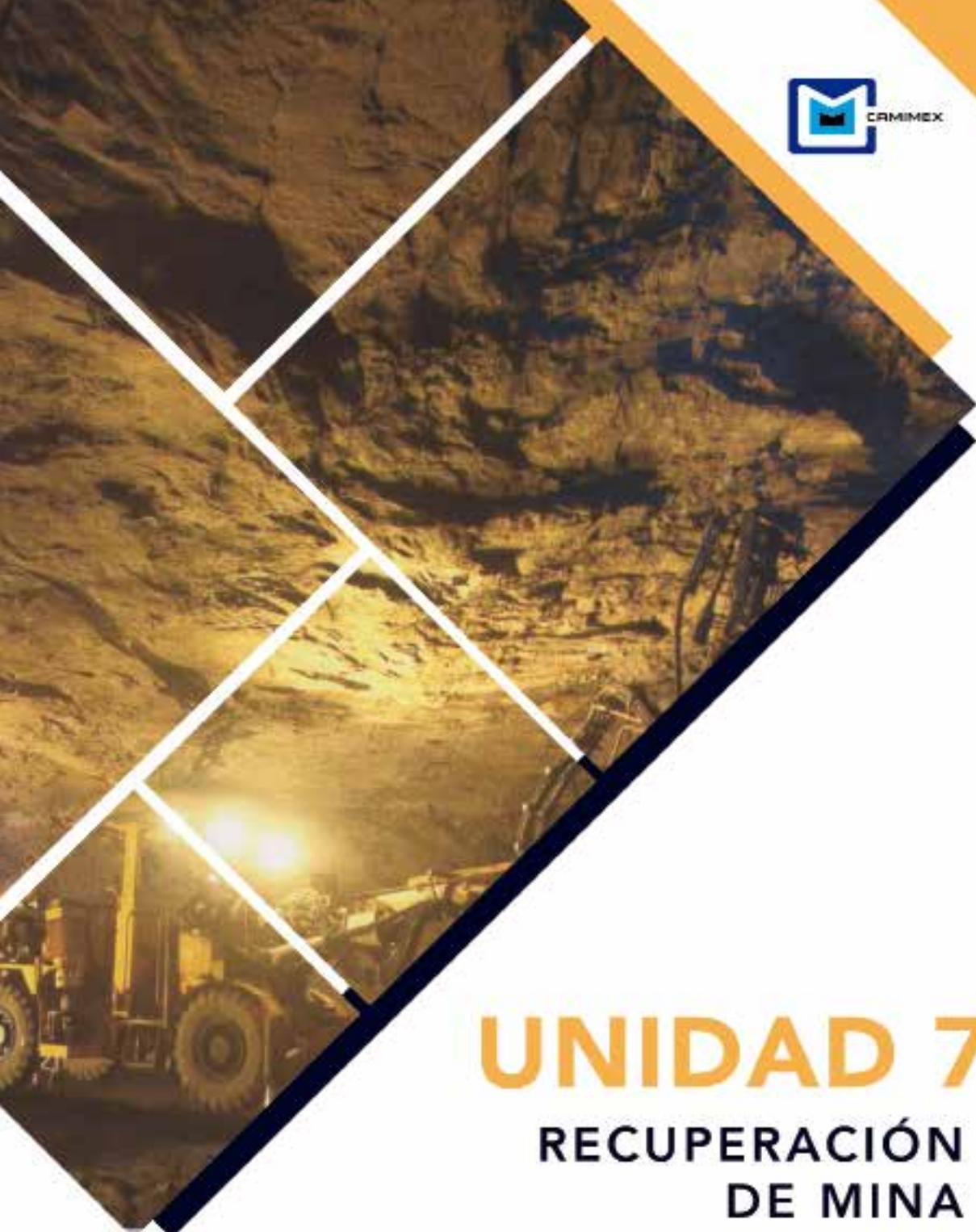
Al encontrar sobrevivientes, su comportamiento puede variar desde desesperación hasta histeria incontrolada, la mejor forma de aliviar este estrés psicológico es tratar de comunicarse con ellos lo más pronto posible. Más importante aún, la comunicación debe ser continua con los sobrevivientes, si ellos 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 (para competencias) que se use un equipo autorrescatador de Oxígeno de 60 minutos en adelante, siempre y cuando el lesionado sea quien porta este equipo y este en buenas condiciones de operación.

Los sobrevivientes deben sacarse a la base de aire fresco de uno en uno y en camilla. Durante su transporte a la base de aire fresco, deben ser revisados cuando menos una vez en el trayecto de salida.



UNIDAD 7

RECUPERACIÓN
DE MINA

OBJETIVO ESPECÍFICO DE LA UNIDAD

Los cuadrilleros identificarán y aplicarán los procedimientos necesarios para establecer la ventilación de la mina y así mismo restaurar las áreas operativas.

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de los cuadrilleros, después de haber controlado la emergencia y rescatado a los sobrevivientes y/o 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 turnos, hasta varios días de trabajo.

El papel de los cuadrilleros 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 concentraciones de los gases 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, así mismo, se observe por este mismo regulador lo que se alcance a ver del área del incendio, temperatura de los tapones

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:

- Si el contenido de oxígeno detrás del sello está abajo (2%) para no generar una explosión (no importa que cantidad de gases combustibles haya detrás del sello).
- Si el monóxido de carbono ha desaparecido o casi desaparecido dentro del sello.
- Si se ha dado suficiente tiempo para que se enfríe el lugar y el aire que ingresa durante la operación de remover los sellos no reactive 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.

El método progresivo, o por etapa/ventilación:

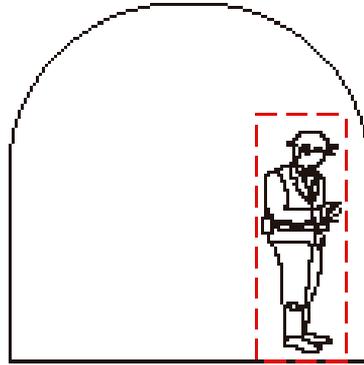
Es la re-ventilación de un área sellada en bloques sucesivos, este método es utilizado generalmente en minas de carbón.

Ventilación directa:

Es el método más común para retirar los taponos de control de un incendio en minas de varios niveles o un solo nivel (minas metálicas).

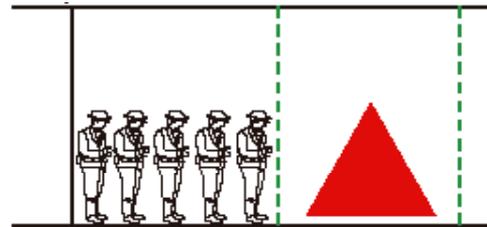
Este método de recuperación en minas de un solo nivel o con niveles múltiples, puede ser muy rápido, sin embargo, antes de usar la ventilación directa, se debe tener evidencia conclusiva de que el incendio se ha extinguido.

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 donde descarga el humo de la zona sellada para crear una exclusiva o 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 SELLADA, SE DEBE REALIZAR LO SIGUIENTE:

Monitoreo de gases:	Si los valores están ya muy bajos, incluyendo la concentración de O_2 (2 – 3 %), se puede retirar completamente tanto el tapón del sello como la mampara exclusiva.
Revisar el amacice:	Después de que salga el humo existente y haya visibilidad, se debe ir amacizando hasta llegar al lugar donde fue el incendio. Ir avanzando únicamente en terreno seguro.
Retirar demás sellos:	Enseguida se van retirando los demás tapones de control que se colocaron.
Revisión del área:	Ya una vez retirados los tapones, se termina de amacizar y se revisan los daños en instalaciones y equipo, lo que se pueda revisar de manera segura.
Reporte final del estatus de la mina:	Se entrega el reporte final de las condiciones de la mina.

Finalmente, el trabajo de los cuadrilleros termina cuando la ventilación ha sido restablecida en el área donde fue el incendio y los diferentes lugares de trabajo hayan sido revisados para asegurar que los contenidos de gases tóxicos están por debajo del límite máximo permisible y el oxígeno por arriba del 20%.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Bocamina. Boca o entrada de una mina.

Broca. Herramienta metálica para el corte de rocas utilizado en la perforación. Su función es formar un orificio o cavidad cilíndrica en la roca. 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 a superficie, es un tiro interior de la mina.

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, hidráulica 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 de las obras mineras: niveles, rampas, cruceros, 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)