



MANUAL DEL

**SOCORREDOR  
MINERO**

---

MANUAL DEL

---

**SOCORREDOR  
MINERO**





## MANUAL DEL SOCORREDOR MINERO

Ministro de Minas y Energía

**Dr. Diego Mesa Puya**

Viceministra de Minas y Energía

**Dra. Sandra Rocio Sandoval Valderrama**

Presidente de la Agencia Nacional De Minería

**Dr. Juan Miguel Durán Prieto**

Vicepresidente de Seguimiento, Control y

Seguridad Minera

**Dr. Javier Octavio García Granados**

Equipo Técnico de la Agencia Nacional de Minería

Ing. Gloria Catalina Gheorghe

Martha Lucia Muñoz Gonzalez

Aura Yomaira Castro Franco

William Pérez Cárdenas

Soraya Astrid Lozano Marín

Equipo Técnico de la Universidad Pedagógica y  
Tecnológica de Colombia, UPTC

Ing. Luis Ángel Lara González

Ing. Luis Fernando Medina Guataqui

Ing. Cesar Alberto Niño Cristian

Ing. Alvaro Fabian Vega Rodríguez

Ing. Sael José Armenta Meneses



## **PRESENTACIÓN**

Socorredores Mineros de Colombia,

Nos complace presentarles el manual del socorredor minero, una valiosa herramienta para su formación, con la cual sin duda alguna fortalecemos el pilar más importante que tiene nuestro Servicio Nacional de Salvamento Minero, *¡salvar vidas!* .

Este propósito de salvar vidas requiere entrenamiento continuo, disciplina y constancia para lograr anteponerse y en lo posible prevenir la materialización de lamentables sucesos como explosiones, derrumbes y atmosferas irrespirables, a través de la prevención y una intervención oportuna, segura y profesional en las acciones de salvamento minero.

El manual se desarrolla en 15 capítulos, con una introducción al Sistema Nacional de Salvamento Minero que incluye los valores del socorredor minero; los pasos claves para la identificación de riesgos y peligros; Sistema de Comando de Incidentes; atención prehospitalaria enfocada en el ambiente subterráneo; los principios de funcionamiento y operación de los principales equipos utilizados en seguridad y rescate minero. Se abordan los principales riesgos presentes en la minería, como prevenirlos y como intervenir de manera segura en un rescate cuando el riesgo se materializa. Uno de sus capítulos, nos lleva a la psicología de la atención de una emergencia minera, el cual contiene herramientas para prevenir trastornos por estrés postraumático. Cada capítulo contiene al final preguntas orientadoras para que se evalúe la comprensión y los conocimientos.

Sea esta la oportunidad para exaltar la labor del equipo de profesionales que participaron en la construcción del manual, por compartir su experiencia y conocimiento. A la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia por su valiosa contribución.

El manual del socorredor minero es un producto para todo el sector minero, para quienes se interesan en la vida y salud de los mineros.

*¡Unidos para salvar vidas!*

Juan Miguel Duran Prieto

Presidente ANM

# INDICE

## CAPÍTULO 1

SISTEMA NACIONAL DE SALVAMENTO MINERO EN COLOMBIA .....	18
1.1 POLÍTICA DE RESCATE MINERO .....	18
1.2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE SALVAMENTO MINERO EN COLOMBIA .....	19
1.2.1 OBJETO DEL SISTEMA DE SALVAMENTO MINERO .....	20
1.2.2 RESPONSABILIDADES DEL SISTEMA DE SALVAMENTO MINERO .....	20
1.3 PROCEDIMIENTO DE ACTIVACIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN DE RESCATE MINERO .....	22
1.3.1 POR PARTE DEL EMPRESARIO MINERO .....	22
1.3.2 POR PARTE DEL SISTEMA DE SALVAMENTO MINERO .....	23
1.4 FUNCIONES DE LA AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA (ANM) Y DEL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA .....	25
1.4.1 FUNCIONES DEL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA .....	26
1.4.2 FUNCIONES DE LA AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA (ANM) .....	27
1.5 FORMACIÓN EN SALVAMENTO MINERO .....	28
1.5.1 CURSO DE SOCORREDOR MINERO .....	29
1.6 SÍMBOLOS DEL SALVAMENTO MINERO .....	32
1.6.1 HIMNO DEL SOCORREDOR MINERO .....	32
1.6.2 JURAMENTO DEL SOCORREDOR MINERO .....	33
1.6.3 LOGO SÍMBOLO DEL SALVAMENTO MINERO .....	33
1.7 LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES Y PUNTO DE SALVAMENTO MINERO EN COLOMBIA .....	34

1.8 EVENTOS DE SALVAMENTO MINERO REALIZADOS POR LA ANM .....	34
--	----

## CAPÍTULO 2

MARCO LEGAL DEL SERVICIO NACIONAL DE SALVAMENTO MINERO .....	36
2.1 LEY 685 DE 2001. CÓDIGO DE MINAS .....	36
2.2 DECRETO 1886 DE 2015 (21 DE SEPTIEMBRE).....	37
2.2.1 OBLIGACIONES DEL TITULAR DEL DERECHO MINERO, EL EXPLOTADOR MINERO Y EL EMPLEADOR .....	37
2.2.2 OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES .....	39
2.2.3 OBLIGACIONES DEL PERSONAL DIRECTIVO, TÉCNICO Y DE SUPERVISIÓN .....	40
2.2.4 MEDICINA PREVENTIVA Y DEL TRABAJO .....	42
2.2.5 ESTATUTO DE PREVENCIÓN, CAPACITACIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS Y SALVAMENTO MINERO, TÍTULO XII, DE ESTE REGLAMENTO .....	43
2.3 DECRETO 2222 DE 1993 (5 DE NOVIEMBRE).....	46
2.4 DECRETO 1072 DE 2015 (26 DE MAYO) .....	48
2.4.1 PREVENCIÓN, PREPARACIÓN Y RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS .....	49

## CAPÍTULO 3

PELIGROS Y RIESGOS MINEROS .....	52
3.1 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y RIESGOS PRESENTES EN MINERÍA SUBTERRÁNEA .....	53
3.2 EVALUACIÓN DEL RIESGO EN MINERÍA SUBTERRÁNEA .....	57
3.3 MEDIDAS DE CONTROL EN MINERÍA SUBTERRÁNEA .....	58
3.3.1 JERARQUÍA DE LOS CONTROLES .....	58
3.3.2 LISTA DE CHEQUEO .....	59
3.4 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL, USO ADECUADO, LIMPIEZA Y CUIDADOS .....	63

## CAPÍTULO 4

TÁCTICAS PARA LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS MINERAS Y SISTEMA DE COMANDO DE INCIDENTES SCI.....	69
4.1 FLUJOGRAMA DE LA ATENCIÓN A LA EMERGENCIA .....	70

4.2 FUNCIONES DE LOS INTEGRANTES DE CADA NIVEL PARA LA ATENCIÓN DE LA EMERGENCIA MINERA .....	71
4.3 SECUENCIA PARA LA ATENCIÓN DE LA EMERGENCIA .....	72
4.3.1 RECIBIR LA INFORMACIÓN .....	72
4.3.2 ACTIVACIÓN DE LA CADENA DE MANDO .....	72
4.3.3 LLAMADO A SOCORREDORES Y PROMOTORES DE SALVAMENTO MINERO .....	72
4.3.4 LLAMADO A ENTIDADES DE APOYO EXTERNO MÁS CERCANAS .....	72
4.3.5 ALISTAMIENTO DE EQUIPOS DE SEGURIDAD Y SALVAMENTO MINERO .....	72
4.3.6 TRANSPORTE DE PERSONAL Y EQUIPOS .....	78
4.3.7 LLEGADA AL LUGAR DEL ACCIDENTE Y ACTIVACIÓN DEL SISTEMA COMANDO DE INCIDENTES .....	78
4.3.8 ACCIONES DE SUPRESIÓN DE RIESGOS Y DE INVESTIGACIÓN .....	78
4.3.9 REALIZACIÓN DEL INFORME DE EMERGENCIA .....	79
4.3.10 AUTORIZACIÓN PARA ACTUAR LOS SOCORREDORES POR PARTE DE LAS EMPRESAS MINERAS .....	79
4.4 SISTEMA COMANDO DE INCIDENTES SCI .....	79
4.4.1 PRINCIPIOS DEL SCI .....	80
4.4.2 BASE ESTRUCTURAL DEL SCI .....	81
4.4.3 ESTABLECIMIENTO DEL SCI .....	81
4.5 PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS NORMALIZADOS - PON .....	85

## **CAPÍTULO 5**

LA ATMÓSFERA MINERA Y CONTROL DE GASES (VENTILACIÓN) .....	95
5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ATMÓSFERA MINERA .....	98
5.1.1 CONTENIDO DE GASES EN EL AIRE .....	98
5.1.2 CARACTERÍSTICAS Y EFECTOS EN LA SALUD DE LOS GASES QUE SE PUEDAN PRESENTAR EN LAS MINAS .....	99
5.1.3 TEMPERATURA EN LA MINA .....	101
5.2 CONTROL DE LA ATMÓSFERA MINERA (VENTILACIÓN) .....	102
5.2.1 PRINCIPIOS GENERALES DE VENTILACIÓN .....	102

5.2.2 PARÁMETROS A TENER EN CUENTA PARA EL CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE AIRE QUE DEBE INGRESAR A LA MINA .....	102
5.2.3 CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA MINAS GRISUTUOSAS .....	105
5.2.4 ASPECTOS GENERALES SOBRE EL CONTROL DE LA ATMÓSFERA MINERA .....	107
5.2.5 SISTEMAS DE VENTILACIÓN .....	108
5.2.6 CLASES DE VENTILADORES Y DUCTOS .....	109
5.2.7 PLAN DE VENTILACIÓN .....	110

## CAPÍTULO 6

6.1 PSS BG4- PLUS .....	112
6.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL .....	112
6.1.2 PARTES DEL EQUIPO .....	114
6.1.3 ESTRUCTURA INTERNA DEL EQUIPO PSS BG4- PLUS .....	121
6.1.4 CARCASA Y ARNÉS .....	124
6.1.5 FUNCIONAMIENTO .....	124
6.1.6 USO Y OPERACIÓN .....	126
6.2 SISTEMA GAS BOOSTER HIHPGZ-21236 .....	133
6.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL .....	134
6.2.2 PARTES DEL EQUIPO Y FUNCIONAMIENTO .....	134
6.2.3 CUIDADOS ESPECIALES .....	136
6.3 EQUIPO DE COMUNICACIÓN BAJO TIERRA (RESCOM MODULAR) .....	136
6.3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL .....	136
6.3.2 PARTES DEL EQUIPO .....	137
6.3.3 USO Y OPERACIÓN .....	140
6.3.4 CUIDADOS ESPECIALES .....	140
6.4 MONITOR DE GASES MÚLTIPLES IBRID MX6 .....	141
6.4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO .....	141
6.4.2 PARTES DEL EQUIPO .....	142
6.4.3 USO Y OPERACIÓN .....	144
6.4.4 CUIDADOS ESPECIALES .....	144

6.5 MONITOR DE GASES MÚLTIPLES X-AM 5600 .....	145
6.5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO .....	145
6.5.2 PARTES DEL EQUIPO .....	146
6.5.3 USO Y OPERACIÓN .....	148
6.5.4 CUIDADOS ESPECIALES .....	148
6.6 AUTORRESCATADOR .....	148
6.6.1 DESCRIPCIÓN GENERAL .....	148
6.6.2 PARTES Y USO .....	149
6.7 PALANCA DE FRICCIÓN CON ELEVADOR MECÁNICO PHR .....	151
6.7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL .....	151
6.7.2 PARTES Y USO .....	152
6.8 VENTILADOR .....	154
6.8.1 DESCRIPCIÓN GENERAL .....	154
6.8.2 PARTES Y USO .....	154
6.9 BOMBA P-1BA-EX (ELECTROBOMBAS) .....	155
6.9.1 PARTES Y FUNCIONAMIENTO .....	155
6.10 CÁMARA TÉRMICA DRAGER UCF 6000, UCF9000 .....	156
6.10.1 DESCRIPCIÓN GENERAL .....	156
6.10.2 PARTES Y USO .....	157
6.10.3 CUIDADOS ESPECIALES .....	158
6.11 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL .....	158
6.12 EQUIPO ADICIÓN DE OXIGENO UPT1 .....	158
6.12.1 DESCRIPCIÓN GENERAL .....	158
6.12.2 PARTES Y USO .....	159
6.12.3 CUIDADOS ESPECIALES .....	160
6.13 ELEVADORES MECÁNICOS .....	160
6.13.1 DESCRIPCIÓN GENERAL .....	160
6.13.2 PARTES Y USO .....	161
6.13.3 CUIDADOS ESPECIALES .....	162
6.14 CARE VENT .....	162

6.14.1 DESCRIPCIÓN GENERAL .....	162
6.14.2 PARTES Y USO .....	162
6.14.3 CUIDADOS ESPECIALES .....	164

## CAPÍTULO 7

ATENCIÓN PREHOSPITALARIA .....	167
7.1 MANDAMIENTOS DEL SOCORREDOR MINERO .....	168
7.1.1 RECOMENDACIONES .....	168
7.2 SIGNOS VITALES .....	168
7.3 PROTOCOLO DE ATENCION INICIAL – ABORDAJE .....	169
7.3.1 PACIENTE SIN SIGNOS VITALES .....	171
7.3.2 PACIENTE CON SIGNOS VITALES .....	175
7.4 OTROS HALLASGOS Y MANEJOS .....	180
7.4.1 HERIDAS .....	180
7.4.2 EVISCERACIONES .....	181
7.4.3 LUXACIONES Y FRACTURAS .....	181
7.5 QUEMADURAS .....	181
7.6 CUERPOS EXTRAÑOS .....	182
7.7 MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD .....	183
7.8 RESIDUOS PELIGROSOS - BIOLÓGICOS .....	183

## CAPÍTULO 8

PSICOLOGÍA DE LA ATENCIÓN DE LA EMERGENCIA .....	185
8.1 ASPECTOS GENERALES .....	185
8.1.1 ASPECTOS GENERALES .....	186
8.1.2 PROBLEMAS ÚNICOS .....	186
8.1.3 CONDICIONES PELIGROSAS .....	186
8.1.4 SALVAMENTO MINERO VS. EMERGENCIA MINERA REAL .....	187
8.1.5 TESTIMONIO .....	187
8.1.6 DEFINICIONES SALVAMENTO MINERO .....	187

8.2 INTERVENCIÓN DE EMERGENCIAS .....	188
8.2.1 INTRODUCCIÓN A LOS CONCEPTOS DE ESTRÉS POR INCIDENTE TRAUMÁTICO .....	188
8.2.2 ESTRÉS POR INCIDENTE TRAUMÁTICO.....	189
8.2.3 RECOMENDACIONES PARA CONTROLAR Y MANTENER LA SALUD EN EL SITIO .....	190
8.2.4 RESCATE DE SOBREVIVIENTES Y RECUPERACIÓN DE CUERPOS .....	192
8.2.5 PREPARACIÓN DEL SOCORREDOR ANTES DEL INCIDENTE .....	192
8.2.6 DURANTE UNA EMERGENCIA .....	193
8.2.7 SEGUIMIENTO POSTERIOR A UNA EMERGENCIA.....	194
8.3 COMUNICACIÓN .....	195
8.3.1 GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	195
8.4 ROLES Y RESPONSABILIDADES .....	195
8.4.1 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE RESPUESTAS Y COMUNICACIONES ..	195

## **CAPÍTULO 9**

INCENDIOS SUBTERRÁNEOS .....	199
9.1 DEFINICIONES .....	199
9.2 ORIGEN DE LOS INCENDIOS.....	202
9.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS INCENDIOS BAJO TIERRA SEGÚN EL ORIGEN	202
9.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS INCENDIOS SEGÚN EL TIPO DE MATERIAL COMBUSTIBLE .....	203
9.3 RIESGOS DE INCENDIOS SUBTERRÁNEOS .....	203
9.3.1 GASES DE LOS INCENDIOS SUBTERRÁNEOS .....	204
9.3.2 CAMBIOS FÍSICOS ASOCIADOS CON LA PRESENCIA DE COMBUSTIÓN DE CARBÓN EN LA MINA .....	205
9.3.3 EFECTOS DE LOS INCENDIOS SUBTERRÁNEOS .....	207
9.4 MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE LOS INCENDIOS SUBTERRÁNEOS .....	209
9.4.1 PREVENCIÓN DE LA COMBUSTIÓN ESPONTÁNEA.....	209
9.4.2 EXTINCIÓN DE LOS INCENDIOS SUBTERRÁNEOS .....	209
9.5 ATENCIÓN DE UNA EMERGENCIA CAUSADA POR INCENDIOS .....	212
9.5.1 PRINCIPIOS PRÁCTICOS DE LA LUCHA CONTRA LOS INCENDIOS	

SUBTERRÁNEOS .....	212
9.5.2 EXTINCIÓN INDIRECTA O AISLAMIENTO DE LOS FOCOS DE INCENDIO SUBTERRÁNEOS .....	212
9.5.3 EFECTOS DE LOS INCENDIOS EN LAS PERSONAS.....	215
9.5.4 PRINCIPIOS BÁSICOS PARA REALIZAR ACCIONES DE SALVAMENTO EN CONDICIONES DIFÍCILES DE CALOR Y HUMEDAD .....	215
9.5.5 DEBERES DE LAS CUADRILLAS DE SALVAMENTO EN CONDICIONES DIFÍCILES DE CALOR Y HUMEDAD .....	21
9.5.6 ACCIONES DE SALVAMENTO EN CASO DE INCENDIOS BAJO TIERRA.....	216

## CAPÍTULO 10

ATMÓSFERAS IRRESPIRABLES EN MINAS BAJO TIERRA .....	222
10.1 DEFINICIÓN .....	222
10.2 ORIGEN .....	223
10.3 PELIGROS Y RIESGOS .....	224
10.3.1 OXIGENO .....	225
10.3.2 DIÓXIDO DE CARBONO .....	226
10.3.3 MONÓXIDO DE CARBONO .....	226
10.3.4 HIDRÓGENO .....	227
10.3.5 SULFURO DE HIDRÓGENO .....	228
10.3.6 DIÓXIDO DE AZUFRE .....	229
10.3.7 DIÓXIDO DE NITRÓGENO .....	229
10.3.8 ÓXIDO NÍTRICO .....	230
10.4 MEDIDAS DE PREVENCIÓN .....	231
10.4.1 VENTILACIÓN.....	231
10.4.2 PLANEACIÓN DE LA VENTILACIÓN .....	239
10.5 ATENCIÓN DE UNA EMERGENCIA CAUSADA POR ATMÓSFERAS IRRESPIRABLES .....	240

## CAPÍTULO 11

DERRUMBES .....	245
11.1 DEFINICIÓN .....	245

11.2 ORIGEN .....	246
11.3 CLASES DE DERRUMBES .....	250
11.4 PELIGROS Y RIESGOS .....	250
11.5 MEDIDAS DE PREVENCIÓN CONTRA DERRUMBES .....	252
11.6 ATENCIÓN DE UNA EMERGENCIA POR DERRUMBE .....	252
11.6.1 PRINCIPIOS DE ORGANIZACIÓN DE SALVAMENTO EN CASO DE DERRUMBE .....	254
11.6.2 MÉTODOS DE RESCATE DEL PERSONAL ATRAPADO .....	255
11.6.3 UBICACIÓN DE LAS PERSONAS AFECTADAS .....	259
11.6.4 NORMAS Y PROCEDIMIENTOS A TENER EN CUENTA EN CASO DE DERRUMBE .....	259
11.6.5 PRINCIPALES ACCIONES EN EMERGENCIAS POR DERRUMBE .....	260
11.6.6 DECÁLOGO PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR CAUSAS GEOMECÁNICAS EN EXCAVACIONES MINERAS .....	260

## **CAPÍTULO 12**

EXPLOSIONES DE GASES Y POLVO DE CARBÓN .....	265
12.1 DEFINICIÓN .....	265
12.2 ORIGEN .....	267
12.2.1 EXPLOSIONES OCASIONADAS POR GASES .....	267
12.2.2 EXPLOSIÓN DE POLVO DE CARBÓN .....	271
12.2.3 PELIGROS Y RIESGOS .....	275
12.3 MEDIDAS DE PREVENCIÓN .....	275
12.3.1 MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA LAS EXPLOSIONES DE METANO ..	275
12.3.2 MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA LAS EXPLOSIONES DE POLVO DE CARBÓN .....	277
12.4 ATENCIÓN DE UNA EMERGENCIA CAUSADA POR EXPLOSIONES DE GASES Y/O POLVO DE CARBÓN .....	278
12.4.1 ATENCIÓN DE UNA EMERGENCIA CAUSADA POR EXPLOSIONES DE METANO .....	278
12.4.2 ATENCIÓN DE UNA EMERGENCIA CAUSADA POR EXPLOSIONES DE POLVO DE CARBÓN Y/O METANO .....	279

**CAPÍTULO 13**

INUNDACIÓN EN MINERÍA BAJO TIERRA .....	287
13.1 DEFINICIONES .....	287
13.2 ORIGEN .....	288
13.3 CAUSAS DE LAS INUNDACIONES .....	289
13.4 PELIGROS Y RIESGOS .....	290
13.4.1 GRADOS DE RIESGO DE INUNDACIÓN PARA LAS MINAS .....	290
13.4.2 POSIBLES CONSECUENCIAS DE LAS INUNDACIONES .....	291
13.5 MEDIDAS DE PREVENCIÓN CONTRA INUNDACIONES .....	292
13.6 GENERALIDADES DE BOMBAS PARA DESAGÜE .....	293
13.6.1 DEFINICIÓN.....	293
13.6.2 PARTES PRINCIPALES EN LA INSTALACIÓN DE UNA BOMBA .....	293
13.6.3 CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS .....	294
13.7 ATENCIÓN DE UNA EMERGENCIA POR INUNDACIÓN .....	294
13.7.1 TÁCTICAS Y ORGANIZACIÓN DE SALVAMENTO EN CASO DE INUNDACIÓN .....	294
13.7.2 SALVAMENTO EN CASOS DE INUNDACIÓN .....	295
13.7.3 RESCATE DE PERSONAL EN CASOS DE INUNDACIÓN .....	297
13.7.4 MANIPULACIÓN DE CUERPOS DE VÍCTIMAS FATALES .....	299
13.7.5 ACCIONES DE SALVAMENTO EN CASOS DE INUNDACIÓN .....	299

**CAPÍTULO 14**

ACCIDENTES ELECTROMECAÑICOS EN MINAS SUBTERRÁNEAS .....	302
14.1 ORIGEN .....	302
14.2 ACCIDENTES ELÉCTRICOS .....	305
14.3 ACCIDENTES MECÁNICOS .....	307
14.4 PELIGROS Y RIESGOS .....	309
14.5 MEDIDAS DE PREVENCIÓN .....	311
14.6 ATENCIÓN DE UNA EMERGENCIA CAUSADA POR ACCIDENTES ELECTROMECAÑICOS .....	318
14.7 EQUIPOS Y MEDIOS UTILIZADOS PARA LA ATENCIÓN DE LA	

EMERGENCIA ..... 325

**CAPÍTULO 15**

ACCIDENTES POR CAÍDAS A DIFERENTE NIVEL Y TRABAJO EN ALTURAS EN  
MINAS SUBTERRÁNEAS ..... 328

15.1 DEFINICIÓN ..... 328

15.2 CAUSAS DE CAÍDAS A DIFERENTE NIVEL ..... 328

15.3 PELIGROS Y RIESGOS POR CAÍDAS A DIFERENTE NIVEL ..... 330

15.4 MEDIDAS DE PREVENCIÓN CONTRA CAÍDAS A DIFERENTE NIVEL ..... 331

15.5 TRABAJO EN ALTURAS ..... 333

15.5.1 OBLIGATORIEDAD ..... 333

15.5.2 CAPACITACIÓN ..... 333

15.5.3 SISTEMAS DE INGENIERÍA PARA PREVENCIÓN DE CAÍDAS ..... 334

15.5.4 SISTEMAS DE ACCESO PARA TRABAJO EN ALTURAS ..... 335

15.5.5 MEDIDAS ACTIVAS DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS ..... 336

15.6 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS ..... 336

15.7 ATENCIÓN DE EMERGENCIAS POR CAÍDAS A DIFERENTE NIVEL ..... 339

15.8 EQUIPOS Y ELEMENTOS UTILIZADOS PARA ATENCIÓN DE  
EMERGENCIAS POR CAÍDAS A DIFERENTE NIVEL ..... 340

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 342**

# CAPÍTULO

# 01



## **COMPROMISO**

El socorredor minero se compromete a dar todo de sí, para apoyar íntegramente todas las labores que se le responsabilicen en la atención de cualquier emergencia minera

## 18 SISTEMA NACIONAL DE SALVAMENTO MINERO EN COLOMBIA

La Agencia Nacional de Minería – ANM es la entidad oficial que en Colombia lidera el Servicio Nacional de Salvamento Minero, el cual es una estructura debidamente coordinada por dicha entidad y en la cual interactúan los diferentes actores como: Los empresarios mineros; las entidades de socorro nacional como la cruz roja, la defensa civil, bomberos; las autoridades civiles como la fiscalía y la policía y las personas que han sido objeto de la formación en la ANM como los socorredores mineros, los coordinadores logísticos de salvamento minero y los promotores en prevención y salvamento minero.



Colombia desde el año 2017 hace parte del IMRB-International Mines Rescue Body. Es la red más grande de profesionales, socorristas y especialistas en rescate minero del mundo. El objetivo de la organización es intercambiar y compartir información entre las organizaciones que hacemos parte para mejorar la capacidad de respuesta a emergencias en todas partes del mundo.

La IMRB apoya la organización de la IMRC-International Mines Rescue Competition y de la IMRB-Internacional Mines Rescue Body Conference. Colombia fue sede de la IMRB en el 2019.

### 1.1 POLÍTICA DE RESCATE MINERO

Al ser la minería una actividad de alto riesgo es importante realizar acciones para prevenir la ocurrencia de accidentes durante la ejecución de labores, pero también es necesario establecer procedimientos claros para la atención de una emergencia en forma oportuna, segura y efectiva. La política establece las siguientes líneas estratégicas:

## Enfoque preventivo

Busca establecer lineamientos para la prevención de accidentes en las unidades de producción minera con el concurso de todos los actores como empresarios mineros, entidades oficiales, instituciones educativas, asociaciones y consumidores de los productos de la minería entre otros.

## Mayor exigencia técnica

Busca que la explotación de los recursos se haga mediante un planeamiento minero donde se incluyan los aspectos geológicos y de la ingeniería de minas, estableciendo procedimientos de trabajo seguro con el propósito de mejorar las condiciones técnicas del funcionamiento de las unidades de producción minera.

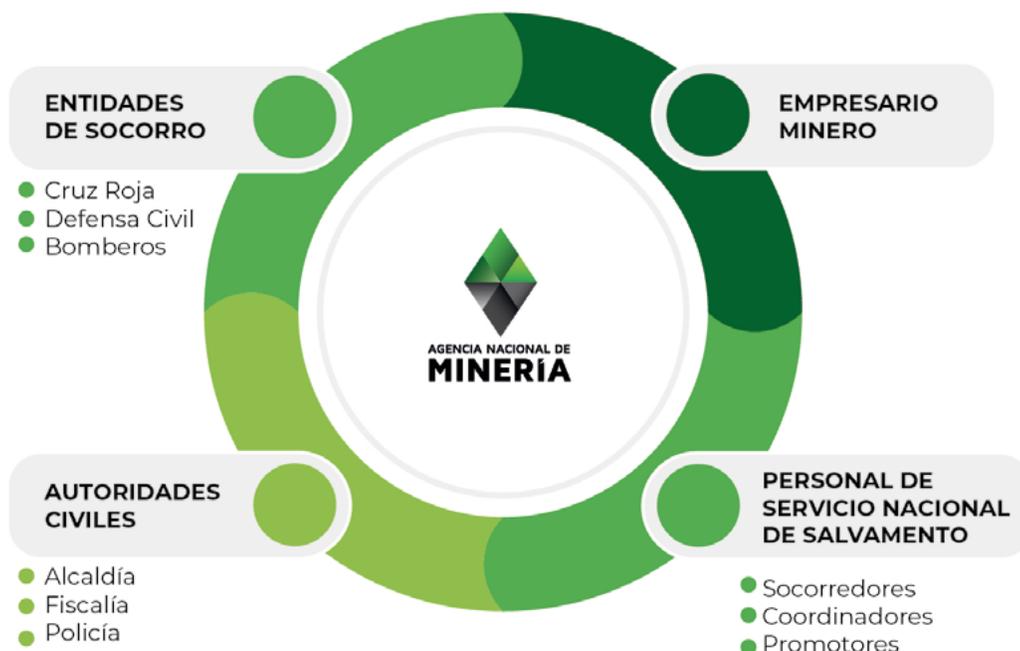
## Participación y compromiso de todas las partes interesadas

Para tener unidades de explotación minera con estándares adecuados para disminuir la accidentalidad, es indispensable que exista una participación activa de todas las partes involucradas desde la producción hasta el consumo de minerales como las entidades oficiales, empresario minero, asociaciones del sector minero, empresas consumidoras, instituciones educativas, administradoras de riesgos laborales entre otros.

## 1.2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE SALVAMENTO MINERO EN COLOMBIA

Como se dijo anteriormente el servicio nacional de salvamento minero está compuesto por actores que interactúan en forma ordenada y coordinados por la Agencia Nacional de Minería, en la figura 1.1 se ilustra la conformación de dicho servicio.

*Figura 1.1 Estructura del servicio nacional de salvamento minero en Colombia*



### 1.2.1 OBJETO DEL SISTEMA DE SALVAMENTO MINERO

El objetivo principal del servicio de salvamento minero es promover la prevención de los accidentes mineros y prestar apoyo oportuno a las minas cuando se presenten accidentes y esté en riesgo la vida y la salud de las personas, las instalaciones y/o el yacimiento, a causa de incendios, explosiones de gas, derrumbes, inundaciones, accidentes electromecánicos, caídas de diferente nivel, explosiones de polvo y demás riesgos mineros.

### 1.2.2 RESPONSABILIDADES DEL SISTEMA DE SALVAMENTO MINERO

A continuación, se relacionan las responsabilidades principales de las partes que conforman el servicio de salvamento minero, las cuales se encuentran con más detalle en el vademécum de salvamento minero que tiene establecido la ANM.

Ver [https://www.anm.gov.co/?q=vademecum\\_salvamento\\_minero](https://www.anm.gov.co/?q=vademecum_salvamento_minero).

#### De la Agencia Nacional de Minería

- Organizar la ayuda a las unidades de producción minera garantizando el personal técnico y los equipos indispensables para la atención de emergencia minera.
- Establecer y coordinar con las demás autoridades e instituciones que tengan competencia, los procedimientos y responsabilidades de cada una de ellas en caso de salvamento minero.
- Cooperar con otros organismos de socorro en la medida de sus posibilidades en la atención de desastres o emergencias.
- Participar con la colaboración del personal de la unidad de producción minera en la ejecución segura del salvamento del personal y en el control de los riesgos que dieron origen a la emergencia.
- Desarrollar programas de capacitación y reentrenamiento en salvamento minero para las personas según sus niveles de apoyo como socorredor minero y los demás que considere necesario.
- Prestar asistencia a las unidades

de explotación minera en la realización directa de los trabajos de prevención que requieran la aplicación de medidas especiales de salvamento.

- Realizar investigación permanente sobre el avance técnico aplicable a las actividades de prevención y atención de emergencias mineras y su posible implementación de acuerdo a las condiciones de la minería en el país.

#### Del Empresario Minero

- Elaborar, implementar y mantener actualizado, el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo de acuerdo con las normas legales.
- Cumplir en el término establecido, los requerimientos de las autoridades competentes para la prevención de riesgos laborales y tener a su disposición todas las evidencias (registros, formatos, resultados de mediciones, estudios entre otros), que soporten las actividades realizadas dentro de la implementación del sistema de gestión para la seguridad y salud en el trabajo.
- Proveer todos los recursos económicos,

humanos y físicos para asegurar el mantenimiento preventivo y correctivo de equipos e instalaciones, actividades de capacitación, así como el normal funcionamiento de instalaciones sanitarias, servicios de medicina preventiva y médicos necesarios.

- Brindar todo el apoyo necesario a los grupos de salvamento cuando ocurra una emergencia en su mina.
- Realizar una identificación de peligros, una evaluación y control de los riesgos presentes en la Mina, implementando todas las herramientas necesarias para gestionar los riesgos con el propósito de prevenir accidentes.
- En caso de grave peligro para la vida y la salud de los trabajadores, asegurar la evacuación inmediata de todo el personal de la mina y no permitir el ingreso hasta que la situación haya sido controlada en su totalidad.
- Elaborar e implementar un plan de capacitación para todos los trabajadores de la mina, donde se incluya la inducción en seguridad y salud en el trabajo y todos los temas relacionados con la prevención de accidentes y enfermedades laborales.
- Elaborar e implementar un plan de emergencias el cual debe ser dado a conocer a todos los trabajadores y deberá estar articulado para solicitar el apoyo de la Agencia Nacional de Minería cuando sea necesario.
- Informar inmediatamente a la Agencia Nacional de Minería cuando ocurra una emergencia en su mina la cual no pueda controlar por sus propios medios, por ejemplo, explosiones de gases o polvo de carbón, inundaciones, derrumbes, incendios entre otros.
- Sufragar los gastos de transporte, alimentación, hospedaje y jornales al personal de socorredores y coordinadores logísticos de salvamento minero que intervengan en caso de presentarse una

emergencia en su mina.

- Utilizar los servicios de formación que ofrece la Agencia Nacional de Minería en sus diferentes cursos de socorredor minero y coordinador logístico así como tener en cada turno, brigadistas y personal técnico capacitado en salvamento minero.

## Del Socorredor Minero

- Reportarse e identificarse con su carné de socorredor minero y demás documentos que sean requeridos cuando llegue a participar en una acción de salvamento.
- Asegurarse de saber a qué cuadrilla está asignado y cuáles son sus responsabilidades dentro de la cuadrilla.
- Verificar el correcto estado y funcionamiento de su equipo de respiración y de los demás equipos que le sean asignados.
- Asegurar que conoce el funcionamiento y modo de uso de los equipos que le hayan sido asignados.
- Usar adecuadamente todos los elementos de protección personal necesarios incluyendo el auto rescatador.
- Permanecer bajo las órdenes del jefe de cuadrilla y realizar todas las actividades tal como le sea indicado.
- Reportarse a la base que se haya establecido cuando regrese a superficie durante la acción de salvamento y entregar los equipos que le han sido asignados.
- Informar al jefe de cuadrilla en forma inmediata si observa alguna situación de riesgo o que pueda ser relevante para el desarrollo de la acción de salvamento.
- Asistir a las actividades de capacitación cuando sea necesario.
- Informar en forma inmediata al

jefe de cuadrilla si llegare a tener algún problema de salud.

- Procurar cuidar su vida, su salud y la de sus compañeros durante la acción de salvamento.
- Verificar continuamente el estado de funcionamiento de su equipo de respiración, su reserva de oxígeno y reportarle al jefe de cuadrilla cada 15 minutos.
- Mantener en reserva, información propia de la acción de rescate.

## De las entidades de apoyo

Pertenecen a este grupo la Policía Nacional, el Ejército, la fiscalía general de la Nación, la cruz roja, los bomberos, la defensa civil y las alcaldías entre otros.

Estas entidades deberán trabajar en equipo con la ANM y cumplir con las funciones propias de acuerdo con sus niveles de competencia, los cuales son asignados por el gobierno nacional, sin embargo, es importante aclarar que las actividades de la acción de salvamento subterráneas las realizará y coordinará la Agencia Nacional de Minería.

## 1.3 PROCEDIMIENTO DE ACTIVACIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN DE RESCATE MINERO

Es importante establecer cuándo se tiene una situación de emergencia en la mina y la forma de proceder tanto por el empresario minero como por el sistema del salvamento minero a efecto que la atención sea oportuna, efectiva aún más cuando se tenga en peligro la vida y la salud de las personas.

A continuación, se hará una descripción de la manera como se debe actuar en caso de afrontar una situación de emergencia para

activar la acción necesaria según sea el caso.

### 1.3.1 POR PARTE DEL EMPRESARIO MINERO.

Se debe hacer una evaluación inicial de la situación estableciendo el tipo de accidente que se presenta pueden ser: derrumbe, inundación, incendio, explosión de gas, atrapamientos, electromecánicos o cualquier otro tipo de evento y determinar si existe personal dentro de la mina. Tenga en cuenta las siguientes situaciones para activar el plan de emergencia:

- **NO es necesaria la presencia del grupo de salvamento:** El empresario minero puede hacer el manejo de la emergencia con sus propios medios manteniendo informado al grupo de salvamento cuando: Tiene personal entrenado, cuenta con los equipos adecuados, puede asumir el control de la emergencia hasta finalizarla.
- **Se reciben instrucciones del grupo de salvamento y su presencia es requerida:**
  - Cuando el empresario minero cuenta con equipos adecuados, personal entrenado, pero por las características de la emergencia no puede asumir su control.
  - Cuando se tiene personal capacitado y entrenado, pero NO se tiene equipo de respuesta.
  - Cuando NO se tiene personal entrenado y NO se tiene equipo de respuesta adecuado.
  - Cuando NO se tiene certeza de las condiciones de la emergencia.

### - Plan de acción para personal en superficie

- Comience una bitácora de registro y escriba los detalles relevantes del incidente por ejemplo aparición ruidos, polvo, humo, agua entre otros.
- Contacte a la estación o punto de apoyo de salvamento más cercano y solicite asistencia.
- Haga el listado de los trabajadores que se encuentren al interior de la mina resalte los desaparecidos o afectados, proceda a la evacuación del personal si es seguro hacerlo.
- Trate de establecer comunicación con el personal al interior de la mina. Si es posible establecer la comunicación indíqueles que se ubiquen en sitios seguros, pregunte qué ha ocurrido y si existen lesionados, indague sobre los riesgos existentes y en caso de ser necesario recomiende el uso de los auto rescatadores si disponen de ellos.
- Si no es posible establecer comunicación con el personal al interior de la mina, verifique si existe alguna forma de establecer dicha comunicación desde superficie ya sea habilitando ductos de aire comprimido o de desagüe.
- Continuamente debe estar registrando los aspectos relacionados al incidente y especialmente si ha sido necesario el ingreso de personal hacia la mina.

### - Plan de acción para el personal que se encuentra dentro de la mina.

- Comuníquese con superficie e informe sobre la naturaleza del incidente solicite que pidan apoyo a la

estación o punto de salvamento más cercano.

- Haga el listado del personal que se encuentra al interior de la mina identificando los lesionados o desaparecidos.
- Dirija a todo el personal hacia un sitio seguro.
- Realice un monitoreo continuo sobre los diferentes riesgos presentes al interior de la mina e informe a superficie.
- Evalúe si las condiciones lo permiten y son seguras inicie la evacuación del personal a superficie.
- Evalúe y si es posible inicie el control del incidente, en caso contrario señalice para evitar el ingreso de personas al sitio de la ocurrencia del evento.
- Coordine con el personal de apoyo capacitado, las acciones necesarias para el control del incidente.

### 1.3.2 POR PARTE DEL SISTEMA DE SALVAMENTO MINERO

El éxito para atender una emergencia parte desde el mismo momento en que se recibe la información sobre su ocurrencia, para lo cual el sistema de salvamento minero debe actuar en forma oportuna recurriendo a la parte administrativa operativa y logística para adaptarse rápidamente a las circunstancias que se presenten.

A continuación, se describen los pasos generales que componen la atención de una emergencia, si requiere información más detallada lo puede consultar en el vademécum de salvamento minero, que tiene la ANM, ver [https://www.anm.gov.co/?q=vademecum\\_salvamento\\_minero](https://www.anm.gov.co/?q=vademecum_salvamento_minero).

El proceso de atención de una emergencia se aprecia en la figura 1.2

Figura 1.2 Proceso de atención de una emergencia



#### - Aviso de emergencia

Se recibe mediante los diferentes medios de comunicación disponibles ya sea personalmente o por teléfono, en este punto se pregunta básicamente: Qué ocurrió, a qué hora ocurrió, dónde ocurrió, si existen personas atrapadas al interior de la mina.

#### - Activación cadena de llamado

- Se debe notificar a las entidades de apoyo como cruz roja, bomberos, defensa civil, entidades gubernamentales entre otros.
- Se debe notificar al coordinador del PAR.
- Se debe dar aviso al mecánico de equipos.
- Se debe notificar a la gerencia de salvamento minero

#### - Alistamiento de equipos y herramientas para la atención de la emergencia

El mecánico de equipos alista los equipos que considere necesarios para atender la emergencia según el tipo (incendio, explosión, inundación entre otros).

#### - Desplazamiento hasta el sitio de la emergencia

Se organiza y se realiza el desplazamiento de todo el personal de socorredores y equipos requerido para la atención de la emergencia, teniendo en cuenta que puede ser necesario incrementar el número de personas, equipos o entidades de apoyo según el caso.

#### - Activación sistema comando de incidentes SCI

Cuando llega al lugar de acción, se asume el mando del incidente y se establece el puesto de control, se evalúa la situación, se definen recursos, se establece el plan de acción y la estrategia a seguir. El SCI será tratado con más detalle en el capítulo 4 del presente manual. Los aspectos principales en esta etapa son:

##### • Estructurar el SCI

Se debe organizar una base estructural de funciones del SCI, identificar los recursos técnicos, equipo de salvamento minero, expertos en salvamento minero y evaluar los riesgos generales para el funcionamiento del SCI como intervención inapropiada de otras entidades o intervención acelerada del personal de salvamento minero.

- **Señalización de áreas**

Se realiza con el objeto de identificar la ubicación de recursos, personal, comunicaciones, puesto de comando entre otros, y se debe tener apoyo de entidades externas a la ANM.

- **Ubicación del área de concentración de víctimas ACV**

Es necesario establecerla para organizar en forma adecuada, la recepción, atención y despacho de víctimas a los centros de atención.

- **Búsqueda y rescate**

Su objetivo es localizar, acceder, estabilizar, liberar y movilizar las víctimas hasta el ACV.

- **Manejo del orden público**

su objetivo es garantizar la seguridad relacionada con orden público de las personas y equipos necesarios para atender la emergencia.

- **Delimitación de zonas**

Permite el rápido y fácil desarrollo de las actividades de los grupos operativos.

- **Coordinación vehicular**

Su objetivo es facilitar la rápida acción de los vehículos soporte, así como su uso racional.

- **Elaboración de censos**

Su objetivo es obtener información rápida, completa y veraz de todas las personas afectadas por la emergencia, así como de los participantes en ella.

- **Información al público**

Es importante este aspecto puesto que garantiza que la información que se suministra a los familiares de las víctimas y a los medios de comunicación es veraz y oportuna.

- **Realización de las actividades según el tipo de emergencia**

Se realizan todas las actividades tendientes a rescate de víctimas, siguiendo todos los protocolos establecidos procurando el cuidado de la vida y la salud de las personas especialmente las que realizan labores subterráneas, hasta el momento que se considere que la acción de salvamento ha terminado.

- **Recogida de equipos y elaboración del acta de atención de emergencia.**

Una vez se han terminado las actividades propias del trabajo en sitio, se procede a recoger todos los equipos y herramientas utilizadas durante la acción y se procede a realizar el acta de atención de emergencia según formato establecido por la Agencia Nacional de Minería.

- **Elaboración y presentación del informe final**

Se elabora el informe final sobre la atención de la emergencia de acuerdo con los lineamientos establecidos por la Agencia Nacional de Minería y estará disponible para su consulta.

## **1.4 FUNCIONES DE LA AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA (ANM) Y DEL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.**

El ministerio de Minas y Energía es la autoridad minera en el país, pero ha delegado en la Agencia Nacional de Minería algunas funciones, por lo que ambos cumplen el papel de autoridad minera, que para el caso de la ANM esa autoridad se denomina autoridad delegada. A continuación, se relacionan las funciones más relevantes relacionadas con la parte operativa en el ámbito minero.

### 1.4.1 FUNCIONES DEL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

- Articular la formulación, adopción e implementación de la política pública del sector administrativo de minas y energía.
- Formular, adoptar, dirigir y coordinar las políticas de: Exploración, explotación de minerales incluyendo sus actividades conexas; aprovechamiento de los recursos naturales no renovables; de orientación para que las actividades del sector minero energético garanticen un desarrollo sostenible y seguro incluyendo la seguridad minera.
- Expedir los reglamentos del sector minero energético para la exploración, explotación y demás actividades conexas de minerales, incluyendo los relacionados con la seguridad minera.
- Divulgar las políticas, planes, programas y reglamentos del sector minero energético. En la figura 1.3 se aprecian algunas de las funciones del Ministerio de Minas y Energía.



Figura 1.3 Funciones del Ministerio de Minas y Energía



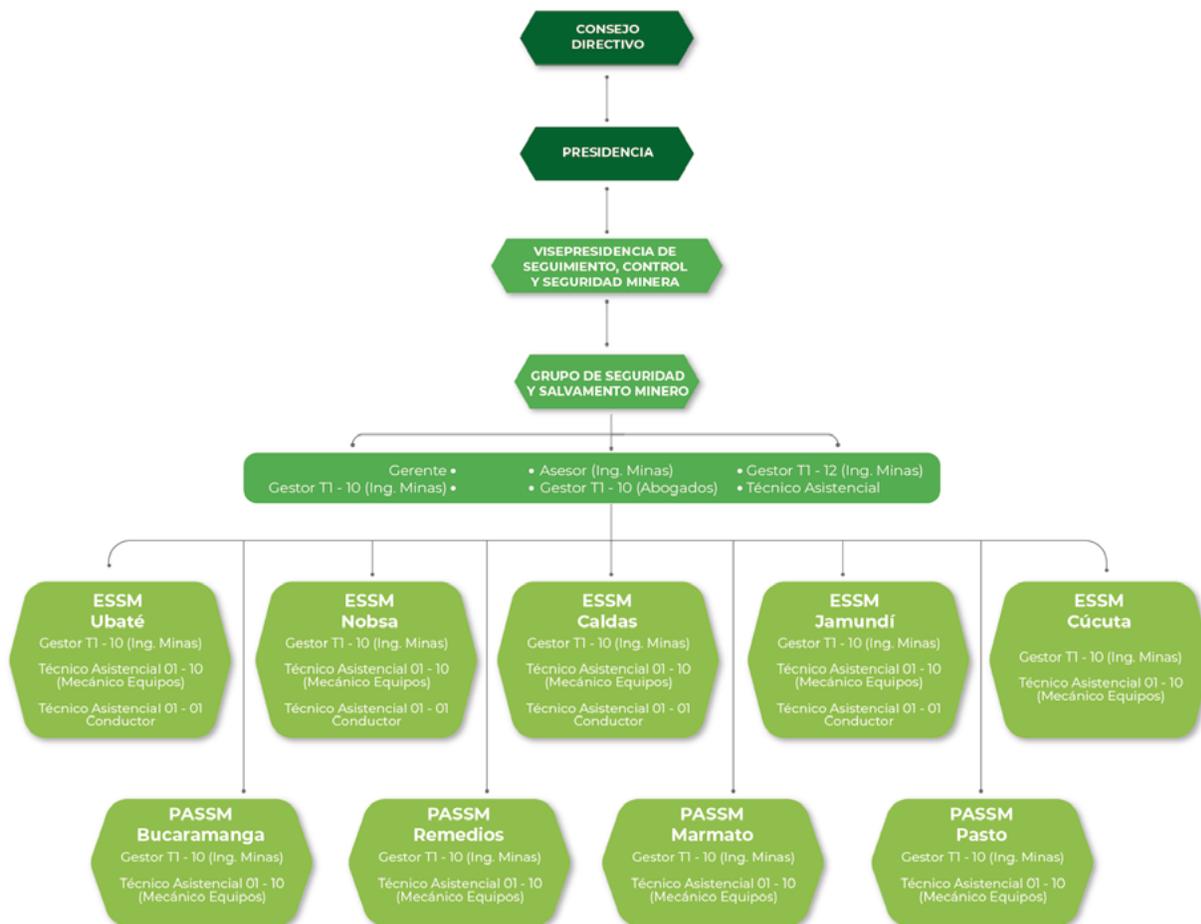
## 1.4.2 FUNCIONES DE LA AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA (ANM)

- Ejercer las funciones de autoridad minera o concedente en el territorio nacional.

Figura 1.4 Funciones de La Agencia Nacional de Minería



Figura 1.5. Estructura del Grupo de Seguridad y Salvamento Minero de la ANM



ESSM: Estación de Seguridad y Salvamento Minero    PASSM: Punto de Apoyo de Seguridad y Salvamento Minero

## 1.5 FORMACIÓN EN SALVAMENTO MINERO

La Agencia Nacional de Minería en cumplimiento de una de sus funciones tiene establecido el programa de capacitación del personal de salvamento minero mediante diversas formas como conferencias, encuentros y el entrenamiento específico debidamente certificado de personas para atender emergencias con la realización de los siguientes cursos:

- **Curso de capacitación y entrenamiento de socorredor Minero:** Dirigido a los trabajadores mineros que tengan como mínimo 2 años de experiencia en minería subterránea y tiene una duración de 80 horas.
- **Curso de capacitación y entrenamiento de actualización de socorredores mineros:** Dirigido a los socorredores activos tiene una duración de 40 horas.
- **Curso de capacitación y entrenamiento de coordinador logístico de salvamento minero:** Dirigido a personas asociadas a la actividad minera, mineros activos y a entidades de socorro, tiene una duración de 40 horas.
- **Curso de capacitación y entrenamiento como promotor en prevención y salvamento minero:** Dirigido a personas asociadas a la actividad minera, mineros activos, empresarios mineros y entidades de socorro, tiene una duración de 16 horas.

### 1.5.1 CURSO DE SOCORREDOR MINERO

#### - Perfil para aplicar al curso de socorredor minero

- Tener experiencia mínimo de 2 años como trabajador en minería subterránea.
- Ser mayor de edad y menor de 45 años.
- Tener la certificación del curso avanzado de trabajo en alturas .
- Estar afiliado al sistema de seguridad social.
- Concepto médico ocupacional apto como socorredor minero.
- Tener principios de actitud y ética para cumplir con su labor en salvamento minero de la mejor manera.

Además, se recomienda tener la siguiente capacitación lo cual mejorará su desempeño durante el curso de formación:

- Tener un nivel educativo que le permita desempeñarse adecuadamente durante la realización del curso.
- Cursos relacionados con tareas de rescate como trabajo en alturas, manejo de explosivos, maquinaria de minas, ventilación, seguridad de minas, extinción de incendios, electricidad, entre otros.

#### - **Objetivo del curso de socorredor minero**

El objetivo del curso de socorredor minero es formar y entrenar a trabajadores mineros subterráneos en la prevención de accidentes y en la intervención segura en las acciones de salvamento minero en minas, bajo los estándares de competencia establecidos en el vademécum de salvamento minero.

#### - **Estándares de competencia del socorredor minero**

Con el propósito de asegurar el efectivo desempeño del personal de salvamento durante la atención de una emergencia minera, es necesario que tenga el conocimiento, la habilidad, la experiencia y la actitud necesarias lo cual se traduce en competencias. La ANM tiene establecidas 27 competencias básicas para dicho personal, las cuales se muestran en la siguiente tabla y señaladas se aprecian las que aplican al socorredor minero.

Número de la Unidad	Unidades Sugeridas	Estándar de Competencia	Socorro Aplica al
1		Identificar los peligros y riesgos a la salud y seguridad en minas	<input type="checkbox"/>
2		Controlar los principales peligros de minería	<input type="checkbox"/>
3		Organización de la evacuación y de la atención de emergencias en minas	<input checked="" type="checkbox"/>
4		Proporcionar liderazgo en su área de responsabilidad	<input checked="" type="checkbox"/>
5		Uso y Actualización de los planos y registros de la mina	<input type="checkbox"/>
6		Extinción de incendios subterráneos en la mina	<input type="checkbox"/>
7		Adquirir, almacenar y asignar recursos para la prestación del servicio	<input type="checkbox"/>
8		Reparación y mantenimiento de aparatos de respiración y equipos	<input type="checkbox"/>
9		Desarrollar sesiones de capacitación	<input type="checkbox"/>
10		Aislamiento y reapertura de excavaciones	<input type="checkbox"/>
11		Salvar y preservar vidas en peligro	<input checked="" type="checkbox"/>
12		Establecer la ventilación para el Rescate en la mina	<input type="checkbox"/>
13		Atender incidentes en la superficie de la mina	<input checked="" type="checkbox"/>
14		Responder a emergencias subterránea	<input checked="" type="checkbox"/>
15		Establecer y mantener una base de aire fresco	<input checked="" type="checkbox"/>
16		Mantener una base de emergencias en superficie	<input checked="" type="checkbox"/>
17		Controlar las actividades en una estación de seguridad y salvamento minero o punto de apoyo de seguridad y salvamento minero	<input type="checkbox"/>
18		Operar de manera segura en el entorno minero	<input checked="" type="checkbox"/>
19		Cumplir con las prácticas de trabajo eficiente	<input checked="" type="checkbox"/>
20		Probar, usar y mantener en operación los aparatos de respiración y equipo.	<input type="checkbox"/>
21		Identificar, controlar y mitigar los peligros de las emergencias mineras	<input checked="" type="checkbox"/>
22		Ayudar en la extinción de incendios en minas	<input checked="" type="checkbox"/>
23		Ayudar en el aislamiento y reapertura de áreas de la mina	<input checked="" type="checkbox"/>
24		Protocolo de rescate en alturas y equipos	<input checked="" type="checkbox"/>
25		Principios de funcionamiento y uso de los equipos de seguridad y salvamento minero	<input checked="" type="checkbox"/>
26		Conocer y aplicar los protocolos en el uso y manejo de equipos de rescate	<input checked="" type="checkbox"/>
27		Protección del medio ambiente y manejo de residuos	<input checked="" type="checkbox"/>

### - Valores del socorredor minero

La ayuda a personas que se encuentran en situaciones difíciles donde está en riesgo su vida o su salud, se puede brindar de la mejor manera cubriendo todos los aspectos relacionados no solo con su parte física sino también con el entorno social, por tal razón los siguientes valores son considerados como los más representativos que una persona debe tener y aplicar durante dicha ayuda.

- **Compromiso:** El socorredor minero se compromete a dar todo de sí, para apoyar íntegramente todas las labores que se le responsabilicen en la atención de cualquier emergencia minera.
- **Bien Común:** Todas las decisiones y acciones durante una acción de Salvamento deben estar dirigidas a la satisfacción de las necesidades e intereses de la sociedad minera y la empresa Minera
- **Integridad:** El Socorredor Minero debe actuar de manera íntegra durante el desarrollo de una atención de emergencia minera y en general durante cualquier actividad.
- **Imparcialidad:** El socorredor minero actuará de forma objetiva y no se dejará influir por prejuicios o intereses que lo lleven a tratar de beneficiar a una de las partes involucradas.
- **Generosidad:** El Socorredor minero se caracteriza por prestar su ayuda a todos los miembros de la comunidad minera, sin esperar algo a cambio y siempre estará disponible a ofrecer colaboración ante cualquier llamado.
- **Igualdad:** El Socorredor Minero debe prestar los servicios que se le han encomendado a todos los miembros de la sociedad minera que tengan derecho a recibirlos, sin importar su origen étnico o nacional, sexo, edad o discapacidad, condición social o económica, condiciones de salud,



embarazo, lengua, religión, opiniones, preferencias sexuales, estado civil o cualquier otra.

- **Respeto:** El Socorredor minero debe dar a las personas un trato digno, cortés, cordial y tolerante, reconociendo y aceptando las diferencias inherentes al ser humano
- **Liderazgo:** El Socorredor Minero debe convertirse en un decidido promotor de valores y principios de la vida humana, partiendo de dar siempre el buen ejemplo personal, durante la capacitación y desarrollo de su vida cotidiana.
- **Honor:** El socorredor Minero llevará con orgullo, honra y respeto el uniforme y las prendas institucionales.
- **Responsabilidad:** El Socorredor Minero durante la atención de una emergencia minera debe cumplir de manera estricta con las obligaciones asignadas en razón de su labor. Así mismo debe procurar que sus decisiones estén encaminadas a lograr el objetivo de la atención.

Figura 1.6 Valores del Socorredor Minero



## 1.6 SÍMBOLOS DEL SALVAMENTO MINERO

### 1.6.1 HIMNO DEL SOCORREDOR MINERO

Al llamado de ayuda estaremos  
Siempre presto con orgullo y valor  
Preservar la vida es lo primero  
Desarrollando nuestra labor  
En emergencia una mina se halla  
Acudiremos con toda la atención  
Formados listos ya en la cuadrilla  
Socorredor minero en acción.  
Revisar los equipos primero  
Da confianza y es prevención  
Prudencia con los riesgos mineros  
Cuando ingresamos al socavón  
Salvamento y rescate efectuaremos  
Respondiendo a tan noble misión  
A la base de aire fresco llegaremos  
Para darnos aliento y gracias a Dios

Autor: Eduardo Eleazar Suárez



## 1.6.2 JURAMENTO DEL SOCORREDOR MINERO

¿Juráis por Dios, por la patria y por el Servicio Nacional de Salvamento Minero, cumplir fielmente los deberes y responsabilidades establecidas en el estatuto de salvamento, acudiendo al llamado en caso de ser requerido por el cuerpo de salvamento minero y a salvaguardar la vida de nuestros compañeros promoviendo el acato a las normas de seguridad?

Contestan. ¡Sí juro!

Si así fuere que dios, la patria y el servicio nacional de salvamento minero os lo premien; si no que ella y ellos os lo demanden.

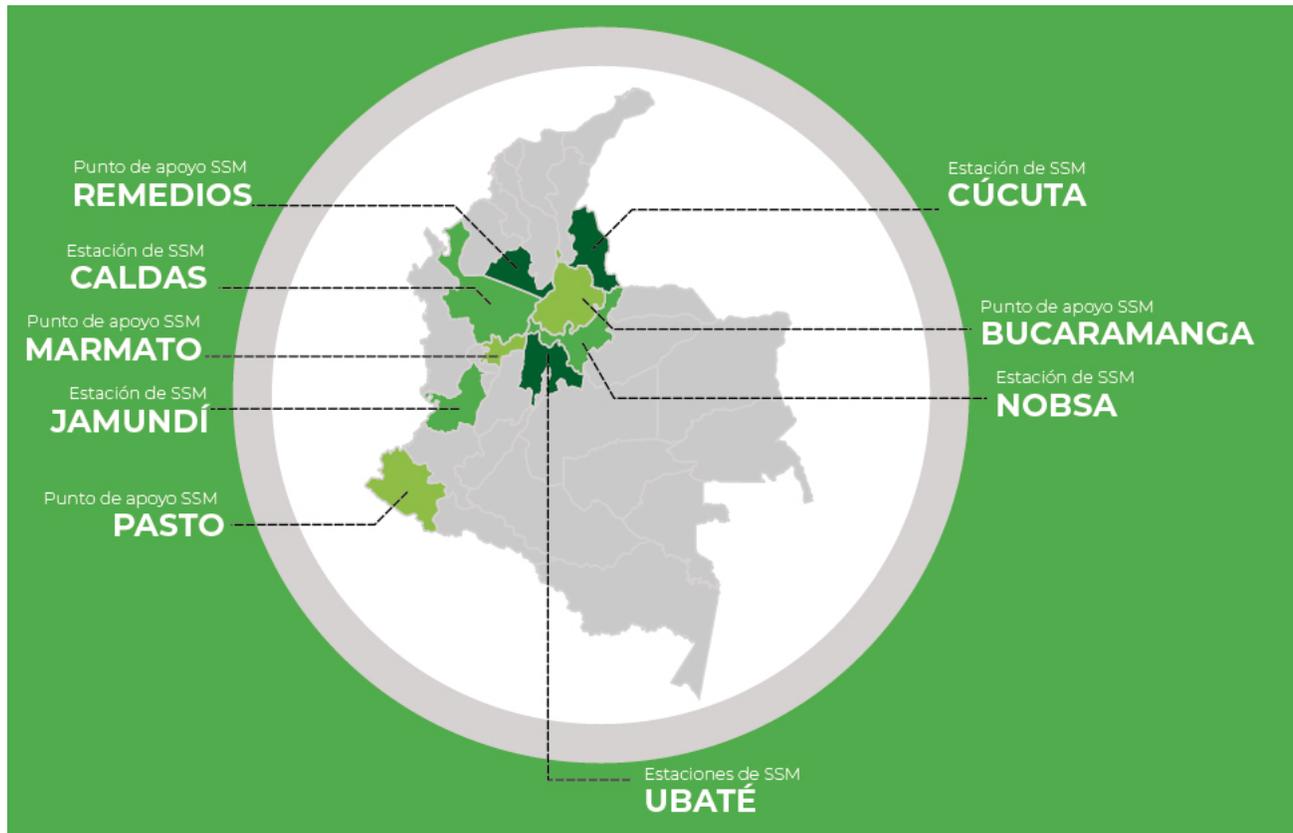
## 1.6.3 LOGO SÍMBOLO DEL SALVAMENTO MINERO



### Descripción:

Contiene en su parte central el símbolo que representa la actividad minera, campo de acción principal del sistema de salvamento minero, concéntrico se encuentra el mapa y los colores de la bandera de Colombia indicando su cobertura a nivel nacional, enmarcados dentro de la cruz de malta con sus 8 puntas las cuales representan los principios para ayudar a las personas en situaciones difíciles que son: **Caridad, Lealtad, Galantería, Generosidad, protección a los débiles, Destreza de los servicios, Heroísmo y servicio y caballerosidad.**

## 1.7 LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES Y PUNTO DE APOYO DE SEGURIDAD Y SALVAMENTO MINERO EN COLOMBIA



## 1.8. EVENTOS DE SALVAMENTO MINERO REALIZADOS POR LA ANM

Otros eventos, relacionados con la formación y mantenimiento de una cultura de prevención en seguridad minera, realizados por la A.N.M. son:

Encuentro Nacional de Socorredores Mineros. Busca promover la cultura de la prevención y fortalecer la capacidad de respuesta frente a cualquier situación de riesgo minero.

Olimpiadas Nacionales de Seguridad y Salvamento Minero. A través de la competencia, que simula situaciones de atención de emergencias mineras, se busca afianzar en los socorredores y funcionarios de la ANM, las destrezas y habilidades

necesarias para responder adecuadamente ante una situación de emergencia y promover en las empresas mineras, la conformación y mantenimiento de brigadas de emergencia.

## TEST DE RETROALIMENTACIÓN

1. Mediante un gráfico, describa la estructura del Servicio Nacional de Salvamento Minero.
2. ¿Qué es el Sistema Nacional de Salvamento Minero?
3. ¿Cuál es el objetivo del Sistema Nacional de Salvamento Minero?
4. ¿Enuncie las responsabilidades del Servicio Nacional de Salvamento Minero?
5. ¿Cuáles son las funciones de la ANM?

# CAPÍTULO

# 02



## **BIEN COMÚN**

Todas las decisiones y acciones durante la acción de Salvamento deben estar dirigidas a la satisfacción de las necesidades e intereses de la sociedad minera y la empresa minera

**MARCO LEGAL DEL SERVICIO NACIONAL DE  
SALVAMENTO MINERO**

## 2.1 LEY 685 DE 2001. CÓDIGO DE MINAS

De conformidad con el artículo 332 de la Constitución Política, el Estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables, sin perjuicio de los derechos adquiridos y perfeccionados con arreglo a las leyes preexistentes.

Representación Gráfica del alcance de la ley 685

Es el marco legal, que regula las relaciones jurídicas del Estado con los particulares, por causa de los trabajos y obras de la industria minera en sus fases de prospección, exploración, construcción y montaje, explotación, beneficio, transformación, transporte y promoción de los minerales que se encuentren en el suelo o el subsuelo, ya sean de propiedad nacional o de propiedad privada. Señala, además, las zonas excluibles de la minería.

Figura 2.1. Representación Gráfica del alcance de la ley 685



En materia de Seguridad de personas y bienes, indica que se “deberán adoptar y mantener las medidas y disponer del personal y de los medios materiales necesarios para preservar la vida e integridad de las personas vinculadas a la empresa y eventualmente de terceros, de conformidad con las normas vigentes sobre” seguridad y salud en el trabajo.

Serán motivo de caducidad del contrato minero, “El incumplimiento grave y reiterado de las regulaciones de orden técnico sobre la exploración y explotación mineras, de higiene, seguridad y laborales”.

## 2.2 DECRETO 1886 DE 2015 (21 de septiembre)

Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas.

Contiene las normas mínimas para la prevención de los riesgos en las labores mineras subterráneas, así como los procedimientos para efectuar la inspección, vigilancia y control de todas las labores mineras subterráneas y las de superficie que estén relacionadas con estas, para la preservación de las condiciones de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

*Están obligados a cumplirlo* las personas naturales y jurídicas que desarrollen labores mineras subterráneas y de superficie relacionadas con estas.

### Frentes abandonados



En los frentes de explotación abandonados o suspendidos, se debe restringir el acceso de personal por medio de obras de protección y señales preventivas, entre otras, de tal manera que garanticen la seguridad a la comunidad y su ubicación debe figurar en los planos actualizados de la mina. En dichos frentes, el explotador minero deberá realizar labores y trabajos tendientes a minimizar y controlar cualquier tipo de riesgo.

### Responsabilidades

**Procedimientos para la ejecución de las labores subterráneas.** El titular del derecho minero, el explotador minero y el empleador deben garantizar que existan, planes de ventilación, planes de sostenimiento y procedimientos para la ejecución segura de las labores, planos y registros de avances actualizados; estos deben incluir inspecciones y monitoreo permanentes de las labores mineras subterráneas. El seguimiento a la implementación estará a cargo de las autoridades competentes.

#### 2.2.1. OBLIGACIONES DEL TITULAR DEL DERECHO MINERO, EL EXPLOTADOR MINERO Y EL EMPLEADOR.

Son obligaciones del titular del derecho minero, el explotador minero y el empleador entre otras las siguientes:

1. Afiliar a los trabajadores dependientes, así como a los trabajadores independientes cuando haya lugar, al Sistema General de Seguridad Social Integral (Salud, pensiones, riesgos laborales) y pagar oportunamente los respectivos aportes y los parafiscales.
2. Garantizar que los trabajadores de los contratistas y subcontratistas que requieran ingresar a las labores mineras subterráneas a realizar algún trabajo, lo hagan con la autorización del responsable técnico de la labor subterránea, que tengan afiliación vigente al sistema de seguridad social integral y se encuentre al día en el pago de sus aportes.
3. Organizar y ejecutar de forma permanente el Sistema de Gestión de

la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

**4.** Identificar, medir y priorizar la intervención de los riesgos existentes.

**5.** Cumplir en el término establecido, los requerimientos de las autoridades competentes para la prevención de los riesgos laborales y tener a su disposición todos los registros, resultados de mediciones, y estudios, entre otros.

**6.** Elaborar los informes de accidentes de trabajo y enfermedades laborales.

**7.** Participar en la investigación de los accidentes laborales mortales, junto con la Comisión de Expertos designada por la autoridad minera, y aplicar los controles establecidos en la investigación del caso.

**8.** Proveer los recursos financieros, físicos y humanos necesarios para el mantenimiento de máquinas, herramientas, materiales y demás elementos de trabajo en condiciones de seguridad; así mismo, para el normal funcionamiento de los servicios médicos, instalaciones sanitarias y servicios de higiene para los trabajadores.

**9.** Garantizar el adecuado funcionamiento de los equipos de medición necesarios para la identificación, prevención y control de los riesgos, incluyendo metanómetro, oxigenómetro, medidor de CO, de CO<sub>2</sub>, bomba detectora de gases y/o

multidetector de gases; psicrómetro y anemómetro.

**10.** Asegurar la realización de mediciones ininterrumpidas de oxígeno, metano, monóxido de carbono, ácido sulfhídrico y demás gases contaminantes, antes de iniciar las labores y durante la exposición de los trabajadores en la explotación minera y mantener el registro actualizado en los libros y tableros de control.

**11.** Garantizar el mantenimiento y calibración periódica de los equipos de medición, conforme a las recomendaciones del fabricante, con personal certificado y autorizado para tal fin.

**12.** Capacitar al trabajador nuevo antes de que inicie sus labores e instruirlo sobre: la forma segura de realizar el trabajo, la identificación de peligros y evaluación y valoración de los riesgos y la forma de controlarlos, prevenirlos y evitarlos; así como reentrenarlo conforme a lo establecido en este Reglamento.

**13.** Cumplir con lo establecido en el Estatuto de Prevención, Capacitación y Atención de Emergencias y Salvamento Minero, Título XII, del decreto 1886-2015.

**14.** Contar con señalización para las rutas de evacuación, a través de líneas de vida con elementos que indiquen el sentido de la salida y señales de seguridad o letreros que tengan materiales reflectivos fluorescentes o fotoluminiscentes.

**15.** Disponer de un libro de registros de personal bajo tierra y asignar un responsable de su control y seguimiento, en el que quede constancia en cada turno, del acceso y salida de los trabajadores, así como de los visitantes de la labor minera subterránea, para que en todo momento se identifique a las personas que se encuentren en el interior, al igual que su ubicación por áreas o zonas, de tal forma que puedan ser localizadas en un plano.

**16.** Facilitar la capacitación de los trabajadores a su cargo en materia de seguridad y salud en el trabajo y asumir los costos de esta, incluyendo lo relacionado con el tiempo que requiere el trabajador para recibirla.

**17.** Cumplir con todas las demás normas del Sistema General de Riesgos Laborales.

39

**18.** Garantizar que toda persona que requiera ingresar a la mina debe recibir una inducción de riesgos y medidas de seguridad, así como utilizar los elementos y equipos de protección personal, suministrados por el explotador minero o empleador.

**19.** Tomar medidas preventivas y precauciones que garanticen la detección, la alarma y extinción de incendios y la ocurrencia de explosiones.

**20.** En caso de grave peligro para la seguridad y la salud, garantizar que las operaciones se detengan y los trabajadores sean evacuados a un lugar seguro.

### 2.2.2.OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES

**1.** Asistir a las capacitaciones y entrenamientos sobre seguridad y salud en el trabajo y salvamento minero.



**2.** Cumplir con la prevención de riesgos laborales, atendiendo la normatividad vigente, así como las órdenes e instrucciones que para tales efectos les sean impartidas por sus superiores.

**3.** Utilizar en forma permanente y correcta los elementos y equipos de protección personal y demás dispositivos para la prevención y control de los riesgos, procurando, además, su mantenimiento y conservación.

**4.** Informar inmediatamente a sus superiores sobre las condiciones inseguras, deficiencias o cualquier anomalía que pueda ocasionar peligros en los sitios de trabajo.

**5.** No acceder al sitio del trabajo bajo el influjo de bebidas alcohólicas u otras sustancias psicoactivas, ni introducirlas para consumirlas en el mismo.

**6.** No fumar dentro de la mina o labor subterránea, ni introducir elementos diferentes a los suministrados por el explotador o titular minero, que puedan producir llamas, incendios o explosiones.

**7.** De acuerdo con las instrucciones recibidas por parte de la autoridad competente, colaborar en la extinción de incendios y en las acciones de salvamento minero.

**8.** Evacuar inmediatamente la mina o labor subterránea, de acuerdo con las instrucciones del jefe inmediato o del líder de evacuación de la brigada de emergencias, cuando advierta peligro

que pueda poner en riesgo su vida o integridad física y la de los demás trabajadores.

**9.** Procurar el cuidado integral de su salud.

**10.** Suministrar información clara, veraz y completa sobre su estado de salud.

**11.** Participar en las actividades de prevención y promoción organizadas por el empleador o explotador minero, los comités paritarios o vigías de seguridad y salud en el trabajo, o la administradora de riesgos laborales.

**12.** Cumplir con las normas legales vigentes en seguridad y salud en el trabajo, Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), y las demás establecidas en este Reglamento.

### **2.2.3. OBLIGACIONES DEL PERSONAL DIRECTIVO, TÉCNICO Y DE SUPERVISIÓN**

**1.** Elaborar los permisos de trabajo, mantener actualizado el plan de emergencia y contingencia y socializar el plan de emergencia y contingencia.

**2.** Prohibir el ingreso y suspender aquellos trabajos en que se advierta peligro de accidentes o de otros riesgos laborales, cuando no sea posible el empleo de los medios adecuados para evitarlos, controlarlos o aislarlos.

**3.** Tomar las medidas necesarias para el control de los riesgos identificados en el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), y de aquellos que se establezcan en la mina o labor subterránea, no incluidos en este.

**4.** Supervisar el uso correcto de los elementos y equipos de protección personal y colectiva por parte de los trabajadores.

**5.** Recorrer antes del inicio y durante cada turno las labores subterráneas y frentes de trabajo, con el fin de identificar los riesgos potenciales para el personal, verificar que las condiciones del aire bajo tierra se encuentren dentro de los valores límites permisibles establecidos en este Reglamento y adoptar las medidas de prevención o control a que haya lugar.

**6.** Participar y promover la participación de los trabajadores en todas las actividades de promoción y prevención que se realicen dentro de la empresa.

**7.** Mantener registros actualizados de las inspecciones realizadas y medidas de control implementados.

**8.** Cumplir y hacer cumplir al personal bajo sus órdenes, lo dispuesto en el presente Reglamento, en la ley y disposiciones complementarias sobre seguridad y salud en el trabajo.



## 2.2.4. MEDICINA PREVENTIVA Y DEL TRABAJO

### Plan de emergencias

Toda empresa que realice labores mineras subterráneas debe elaborar un Plan de Emergencias, que debe ser actualizado por lo menos una vez cada seis (6) meses, considerando además los siguientes aspectos:

- Tipo de emergencia o análisis de vulnerabilidad
- Señalización interna de la mina e indicación de las vías de escape y refugios
- Sistemas de alarma y comunicaciones
- Instrucción del personal
- Simulacros y funcionamiento de brigadas de rescate
- Puntos de activación de sistemas de alarma sonora y lumínica



Elaborar Planes Operativos Normalizados en evacuación, incendio, sismo, fuga de gases, explosión, rescate, humos al interior de la mina, incendio forestal, evacuación de lesionados y de las demás amenazas identificadas en el análisis de vulnerabilidad de la mina. debe darlo a conocer a sus trabajadores y practicarlo realizando un simulacro por lo menos una vez por año

Toda mina debe disponer de refugio(s) de seguridad en su interior, los cuales deberán estar provistos de los elementos indispensables que garantizan la supervivencia de las personas afectadas por algún siniestro.



### Primeros Auxilios

Toda labor subterránea debe contar con los elementos necesarios para prestar los primeros auxilios y el transporte de lesionados, incluyendo como mínimo los siguientes elementos:



Camillas rígidas con inmovilizadores de extremidades superiores e inferiores, para rescate y transporte, instaladas en lugares visibles, de fácil acceso y señalizadas.



Mantas o cobijas.



Botiquín de primeros auxilios con los elementos básicos para la atención de accidentados, de acuerdo con las características de cada mina. su contenido debe ser definido con la asesoría de la Administradora de Riesgos Laborales (ARL).

## Brigada de emergencia

El titular del derecho minero, el explotador minero y el empleador minero que realice labores subterráneas, debe disponer de una brigada de emergencia, considerando los siguientes aspectos:



### 2.2.5. ESTATUTO DE PREVENCIÓN, CAPACITACIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS Y SALVAMENTO MINERO, TÍTULO XII, DE ESTE REGLAMENTO.

Las actividades de prevención, capacitación y atención de emergencias mineras, estarán bajo la dirección, vigilancia y control de la Agencia Nacional de Minería (ANM), o quien haga sus veces. Esta Agencia será responsable de la capacitación de los coordinadores logísticos y socorredores mineros y llevará a cabo las acciones de salvamento minero y prestación de ayuda a las minas subterráneas. Cuando esté amenazada la vida o salud del personal. O amenazada la seguridad en las actividades de desarrollo, preparación y explotación de la mina.

### Socorredores Mineros

El titular del derecho minero, el explotador minero y el empleador minero, deben contar dentro de su personal con Socorredores Mineros, en cada turno.

La ANM o quien haga sus veces, está autorizada para expedir las normas, incentivos y lineamientos concernientes a la Prevención y Atención de Emergencias Mineras y el adecuado funcionamiento de las ESSM y los PASSM.

### Actualización del plan de emergencias y contingencias

El titular del derecho minero, el explotador minero y el empleador minero están en la obligación de actualizar el plan de emergencias y contingencias, por lo menos cada seis meses (6) o antes, si lo considera necesario.

### Obligación de dar aviso en caso de emergencia

44

El titular del derecho minero, el explotador minero y el empleador minero o el responsable técnico de la labor minera subterránea, en caso de incendio, explosión, derrumbe, inundación o cualquier otro evento que ponga en riesgo la vida e integridad física del personal y del yacimiento, están obligados a informar inmediatamente a la ESSM o PASSM, de la Agencia Nacional de Minería (ANM), o quien haga sus veces.

### Funciones básicas del servicio de prevención y atención de emergencias

Las funciones básicas del Servicio de Prevención y Atención de Emergencias Mineras entre otras son:

#### De dirección y coordinación:

1. Organizar la ayuda a las minas con personal técnico y los equipos indispensables para la atención de emergencias mineras.
2. Coordinar y determinar las acciones de atención de emergencias mineras que deban ser realizadas por grupos especializados.



3. Establecer y coordinar con las demás autoridades e instituciones que tengan competencia, los procedimientos y responsabilidades de cada una de ellas, en casos de salvamento minero.

4. Cooperar con otros organismos de socorro en la medida de sus posibilidades, en la atención de desastres o emergencias.

5. Definir los principios de organización, dotación, supervisión y coordinación de las actividades a ser desarrolladas por los organismos y personas detalladas a continuación:



- a)** Cuadrillas de salvamento de turno en las ESSM o PASSM;
- b)** Grupos y servicios especializados existentes dentro del sistema de salvamento minero, como servicios de emergencias;
- c)** Puntos de Salvamento Minero;
- d)** Socorredores que son trabajadores de las minas subterráneas de carbón; y
- e)** Establecer los planes operativos y de contingencia a seguir en la atención de emergencias.

#### Operativas:

- Participar, con la colaboración del personal de la mina, en la ejecución

segura del salvamento del personal y en el control de los riesgos que dieron origen a la emergencia.

- Actuar, con la dirección de la mina, en forma inmediata en las acciones de salvamento requeridas.
- Desarrollar programas de capacitación y reentrenamiento en salvamento minero para socorredores, auxiliares en salvamento y mecánicos del equipo de salvamento.
- Organizar seminarios, simposios o conferencias sobre seguridad e higiene minera y salvamento minero.

45

#### De asistencia:

- Prestar asistencia a las minas en la realización directa de los trabajos de prevención que requieran la aplicación de medidas especiales de salvamento.

#### De investigación:

Realizar investigación permanente sobre el avance técnico aplicable a las actividades de prevención y atención de emergencias mineras y su posible implementación, conforme a las condiciones de la minería en el país. Así como cooperar continuamente con entidades y organizaciones de salvamento minero en el extranjero.



El servicio de prevención y atención de emergencias mineras definirá:

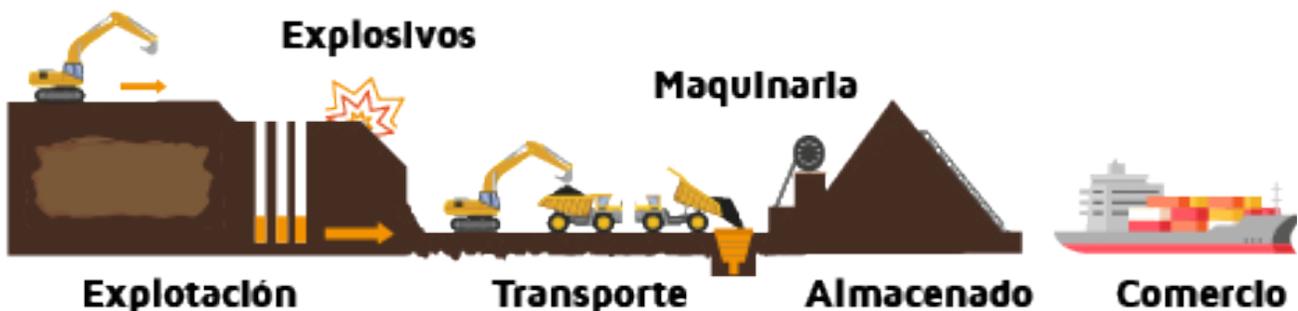


### 2.3. DECRETO 2222 DE 1993 (5 DE NOVIEMBRE)

#### Reglamento de Higiene y Seguridad en Labores Mineras a Cielo Abierto

Presenta las normas mínimas a cumplir por parte de los explotadores y trabajadores para las actividades propias de este tipo de minería, como lo es el manejo, uso y control de explosivos, manejo de planos, alojamiento, transporte y almacenamiento de tierras en silos, tolvas y patios. Electrificación, máquinas, equipos, herramientas, talleres, prevención y control de incendios y manejo adecuado del medio ambiente. figura 2.2.

Figura 2.2. Actividades mineras a cielo abierto



Este reglamento de obligatorio cumplimiento para todas las labores mineras a cielo abierto en el territorio nacional, busca que las actividades se desarrollen en condiciones adecuadas de seguridad e higiene

Todo explotador debe incorporar a su planta administrativa o contratar con terceros, personal idóneo para la dirección técnica y operacional de los trabajos, a fin de garantizar que éstos se realicen en condiciones de higiene y seguridad.

Todo explotador minero debe Elaborar y ejecutar el Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el trabajo (SG-SST).

### **Son obligaciones de los trabajadores:**

1. Cumplir con el Reglamento de Higiene y Seguridad Industrial de la empresa.
2. Participar en la prevención de riesgos profesionales cumpliendo las órdenes e instrucciones, que para tal efecto son impartidas por sus superiores.
3. Asistir a los cursos de capacitación sobre higiene, seguridad industrial y salvamento minero que la empresa u otras entidades debidamente autorizadas impartan.
4. Usar en forma correcta, cuando sea necesario los elementos de protección personal y demás dispositivos para la prevención y control de los riesgos respondiendo por su buen estado y conservación.
5. Informar al jefe inmediato sobre las malas condiciones de trabajo, deficiencias, o cualquier anomalía que pueda ocasionar peligros en los sitios de labor.
6. No introducir ni ingerir bebidas alcohólicas ni otras sustancias que alteren la capacidad física y mental, ni presentarse al sitio de trabajo en estado de embriaguez o en cualquier otro estado de intoxicación que lo inhabiliten para el normal desarrollo de sus funciones.
7. No fumar en los frentes de explotación donde se estén utilizando explosivos o combustibles, ni portar elementos diferentes a los suministrados por el supervisor, que puedan producir llamas, incendios o explosiones;
8. Colaborar en la prevención y extinción de incendios y en las acciones de salvamento minero de acuerdo con las instrucciones que haya recibido.
9. En los frentes de explotación abandonados o suspendidos, deberán colocarse avisos o barreras para evitar accidentes.



## 2.4. DECRETO 1072 DE 2015 (26 DE MAYO)

48

Decreto Único Reglamentario Sector Trabajo.

De obligatorio cumplimiento para todo tipo de actividad económica. Reúne todas las normas que reglamentan el trabajo. Es la única fuente para consultar las normas reglamentarias del trabajo en Colombia.

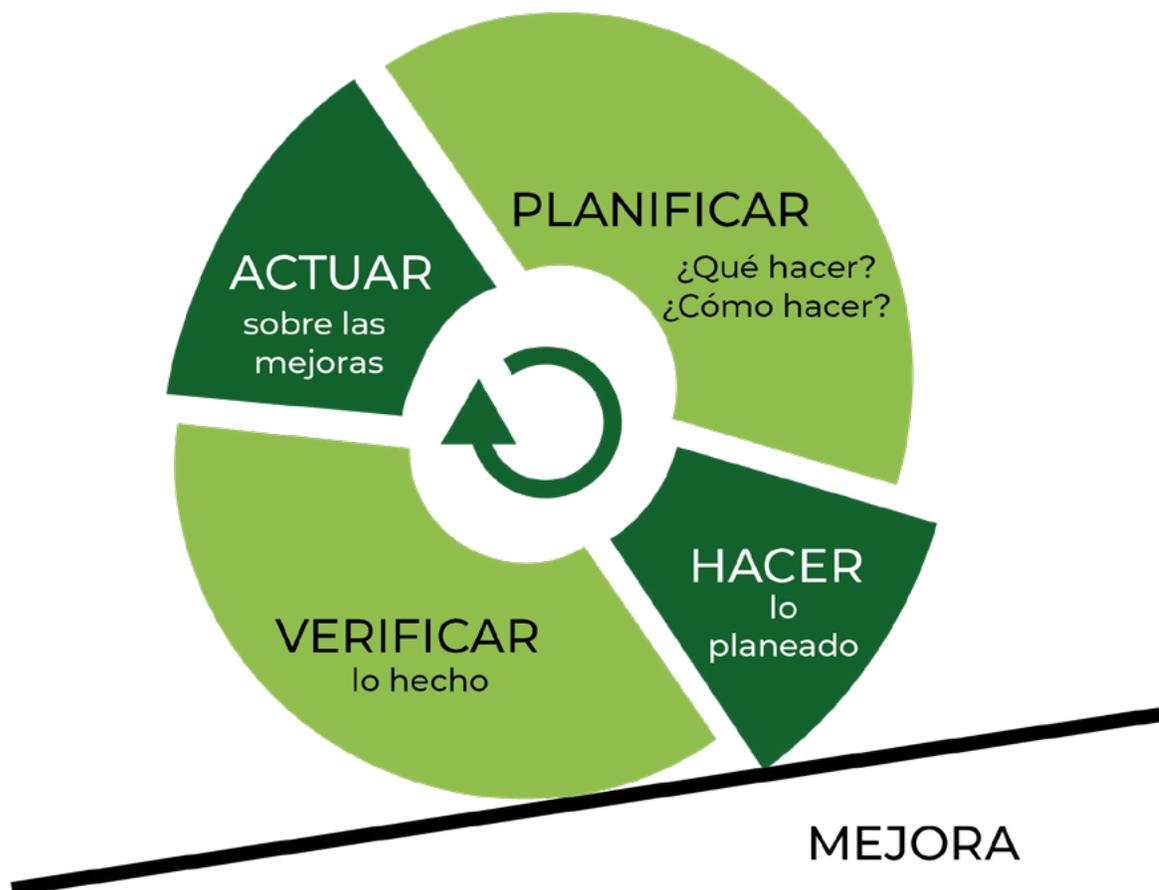
Establece el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). Cuyo propósito es prevenir lesiones y enfermedades de origen laboral. Su implementación es obligatoria para todos los empleadores.



Consiste en el desarrollo de un proceso lógico y por etapas ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar), basado en la mejora continua (figura 2.3), que incluye la política, la organización, la planificación, la aplicación, la evaluación, la auditoría y las acciones de mejora con el objetivo de anticipar, reconocer, evaluar y controlar los riesgos que puedan afectar la seguridad y la salud en los espacios laborales

Por ser la labor minera de alto riesgo, el titular, explotador o empleador minero; debe contratar con dedicación exclusiva, para el desarrollo de las actividades de seguridad, dentro de la explotación minera, a un Tecnólogo, Profesional o Profesional Especialista En Seguridad y Salud en el Trabajo, con formación en riesgos mineros y experiencia específica de un (1) año.

Figura 2.3. Ciclo PHVA



### 2.4.1. PREVENCIÓN, PREPARACIÓN Y RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS

El empleador debe implementar un plan de prevención, preparación y respuesta ante emergencias (suceso repentino no deseado), que considere como mínimo, los siguientes aspectos:

1. Identificar todas las amenazas que puedan afectar a la empresa;
2. Identificar los recursos disponibles incluyendo las medidas de prevención y control existentes al interior de la empresa para prevención, preparación y respuesta ante emergencias, así como las capacidades existentes en las redes institucionales y de ayuda mutua;
3. Analizar la vulnerabilidad de la empresa frente a las amenazas identificadas;
4. Valorar y evaluar los riesgos considerando el número de trabajadores expuestos, los bienes y servicios de la empresa;
5. Diseñar e implementar los procedimientos para prevenir y controlar las amenazas priorizadas o minimizar el impacto de las no prioritarias;
6. Formular el plan de emergencia para responder ante la inminencia u ocurrencia de eventos potencialmente desastrosos;

**7.** Asignar los recursos necesarios para diseñar e implementar los programas, procedimientos o acciones necesarias, para prevenir y controlar las amenazas prioritarias o minimizar el impacto de las no prioritarias;

**8.** Implementar las acciones factibles, para reducir la vulnerabilidad de la empresa frente a estas amenazas que incluye entre otros, la definición de planos de instalaciones y rutas de evacuación;

**9.** Informar, capacitar y entrenar a todos los trabajadores, para que estén en capacidad de actuar y proteger su salud e integridad, ante una emergencia real o potencial;

**10.** Realizar simulacros como mínimo una (1) vez al año con la participación de todos los trabajadores;

**11.** Conformar, capacitar, entrenar y dotar la brigada de emergencias, acorde con su nivel de riesgo y los recursos disponibles, que incluya la atención de primeros auxilios;

**12.** Inspeccionar con la periodicidad que sea definida en el SG-SST, todos los equipos relacionados con la prevención y atención de emergencias incluyendo sistemas de alerta, señalización y alarma, con el fin de garantizar su disponibilidad y buen funcionamiento; y

**13.** Desarrollar programas o planes de ayuda mutua ante amenazas de interés común, articulándose con los planes que para el mismo propósito puedan existir en la zona donde se ubica la empresa.

Gestión de Riesgos de Desastres. Como la Alcaldía Municipal, Cuerpo de Bomberos, Defensa Civil o en caso particular de las labores mineras la Agencia Nacional de Minería ANM, como entidad que coordina el Sistema Nacional de Salvamento Minero.

## TEST DE RETROALIMENTACIÓN

1. Enuncie el propósito de la ley 685 código de minas, decreto 1886- 2015, y decreto 2222 de 1993.

2. ¿Qué nombre recibe el decreto 1072 del 2015? ¿Y por qué?

3. ¿Cuáles son las obligaciones del titular del derecho minero, el explotador minero y el empleador minero en la ley 685, decreto 1886-2015, decreto 222 de 1993?

4. ¿Qué es el ciclo PHVA y cómo se aplica en un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo?

5. ¿Qué obligaciones a cumplir por el trabajador son comunes en los decretos 1886 y 2222?

6. ¿Qué es un plan de emergencias y qué se considera en su elaboración?

7. ¿De qué trata el título XII del decreto 1886-2015

8. ¿Cuál es el objetivo de un SGSST?

De acuerdo con la magnitud de las amenazas y la evaluación de la vulnerabilidad tanto interna como en el entorno y la actividad económica de la empresa, El empleador o contratante puede articularse con las instituciones locales o regionales pertenecientes al Sistema Nacional de

# CAPÍTULO

# 03



## **INTEGRIDAD**

El Socorredor Minero debe actuar de manera íntegra durante el desarrollo de una atención de emergencia minera y en general durante cualquier actividad.

## Cuál es el costo de:

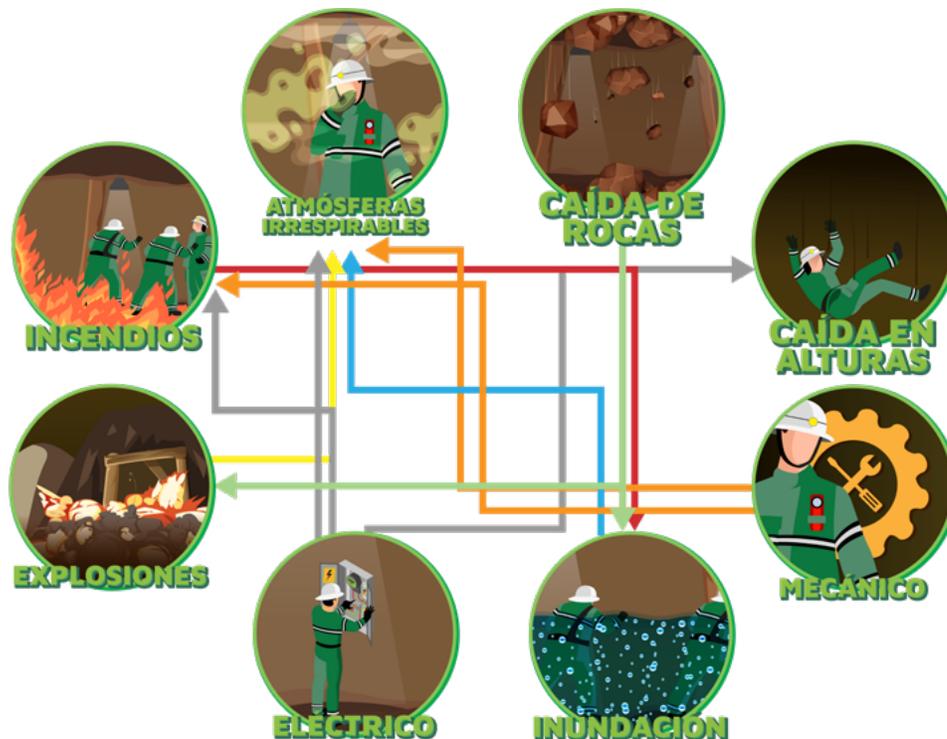
- ¿Una vida humana? | ¿Perder una extremidad?
- ¿Tener una discapacidad permanente?
- ¿El dolor de una familia, afectada por la pérdida de su hijo, padre o hermano?

Una vez se comete el error, ya no se puede cambiar lo ocurrido...**EL PRECIO QUE SE PAGA ES PARA SIEMPRE.**

Los integrantes del Servicio Nacional de Salvamento Minero tienen la responsabilidad de promover el mejoramiento de las prácticas mineras y el desarrollo de una cultura de prevención de accidentes. Especialmente el socorredor minero que voluntariamente apoya la atención de emergencias mineras y se convierte en multiplicador de una cultura de prevención y seguridad en su lugar de trabajo.

La estrecha relación entre los diferentes peligros de la minería subterránea hace difícil identificar dónde uno termina y el otro comienza. Se encuentran vinculados de múltiples maneras y usualmente tienen una relación concomitante (Vea la Figura 3.1. de elaboración propia). En esos sistemas complejos un individuo no puede predecir fácilmente la causa y efecto de manera lineal. Cambios en un área o sistema en la mina pueden afectar otras partes de la mina en formas no obvias.

Figura 3.1. Interacción de peligros subterráneos



Este complejo sistema se puede mirar en términos de reacciones en cadena en las cuales un cambio en una condición normalmente puede tener un efecto dominó múltiple.

Una herramienta fundamental para realizar un trabajo de manera segura, es identificar los peligros y evaluar los riesgos, del área de trabajo, antes de iniciar a trabajar. Existen diferentes formas de hacerlo, aquí presentamos algunas.

### 3.1 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y RIESGOS PRESENTES EN MINERÍA SUBTERRÁNEA



#### PELIGRO

Fuente, situación o acto; con potencial de causar daño a la vida, la salud, la propiedad o al medio ambiente.

*“ los peligros los identifico ”*

53

**Fuente:** Origen del peligro, puede estar relacionado a distintos tipos de energía sin control, como, cinética, potencial, eléctrica, neumática, etc. Ejemplo figura 3.2. Roca suelta (energía potencial almacenada en función de la altura).

**Medio:** lugar o entorno de un peligro.

**Situación:** son las circunstancias en que se encuentra el peligro, con relación al individuo. Ejemplo: situación 1, figura 3.2. No hay interacción con la fuente, a través del medio, pero hay peligro latente.

Situación 2, figura 3.3. Las circunstancias del trabajo, me llevan a interactuar con el peligro.

**Acto:** Acciones rutinarias o no rutinarias que un trabajador realiza, e implica cierto nivel de riesgo.

Figura 3.2. Ejemplo situación 1

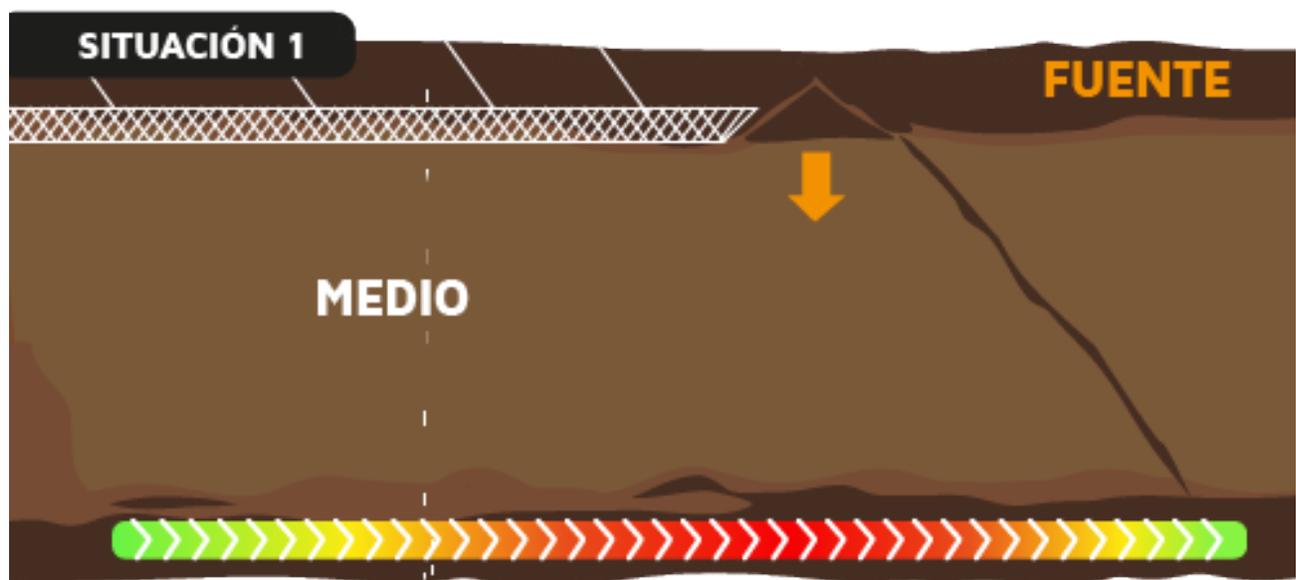


Figura 3.3. Ejemplo situación 2



## ¿Cómo identificamos los peligros?

Cuando realice un trabajo, pregúntese:

¿Existe una situación que pueda generar daño? ¿Quién (o qué) puede sufrir un daño?, ¿cómo, cuándo, dónde y con qué puede ocurrir el daño?, ¿qué pasaría si?, ¿por qué?, Etc. La respuesta a algunas de estas preguntas, permite identificar algún peligro.

### Ejemplo:

Observando las situaciones 1 y 2 de la figura anterior; ¿Qué pasó?, ¿cómo pasó?, ¿cuándo instalaron los últimos pernos?, ¿dónde puede caer roca?, ¿qué pasaría si hay un derrumbe?, ¿porque no terminaron de colocar el sostenimiento?, ¿Por qué, no me aseguro, si el techo es competente, etc. En la figura identificamos el **peligro** caída de rocas.

### RIESGO:

La combinación entre la **probabilidad** y la **consecuencia** del daño o deterioro de la salud que puede causar el suceso o exposición.

*“Evaluo y/o valoro riesgos”*

**Probabilidad:** grado de posibilidad que ocurra el contacto con el peligro y que se puedan producir consecuencias. Por ejemplo muerte, daños a la propiedad.

**Consecuencia:** Resultado de lo peor que puede ocurrir al exponerse al riesgo, en términos de lesión o enfermedad. Materialización del riesgo.

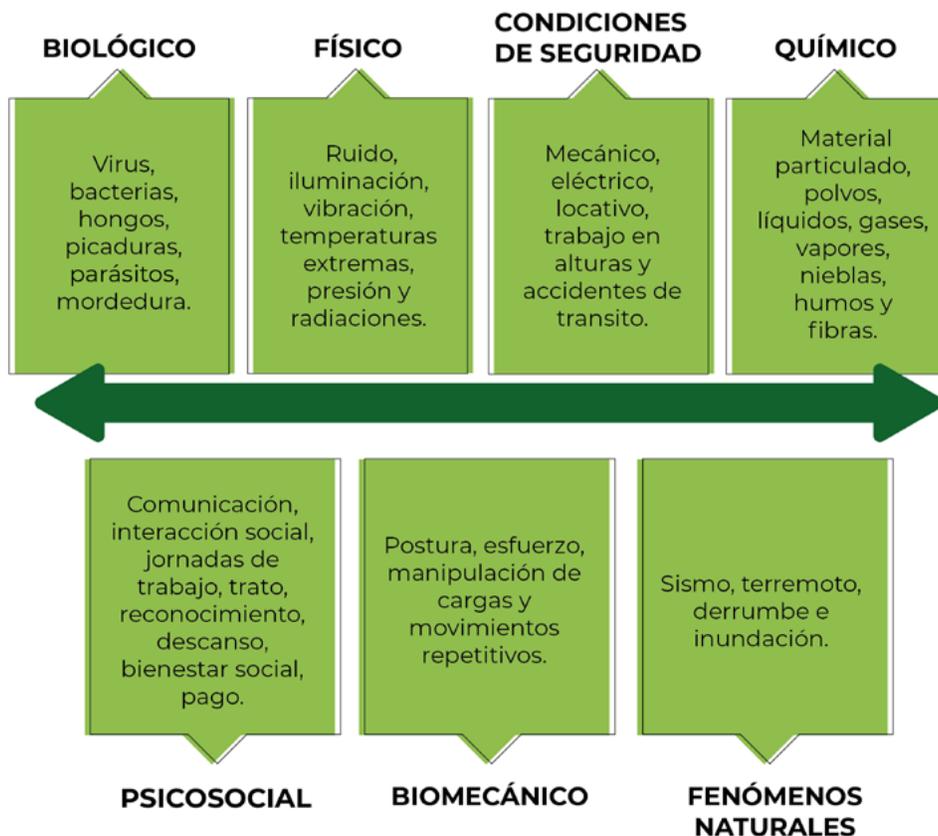


**El peligro** es parte de nuestra vida diaria. Interactuamos con él en todo momento y lugar (casa, trabajo, calle, etc.), es algo cotidiano que nos puede causar un daño. **El riesgo** es la probabilidad de un futuro daño. Es el resultado de no tomar medidas necesarias para minimizarlo.

Figura 3.4. Diferencia entre peligro y riesgo



Figura 3.5. Clasificación de los peligros



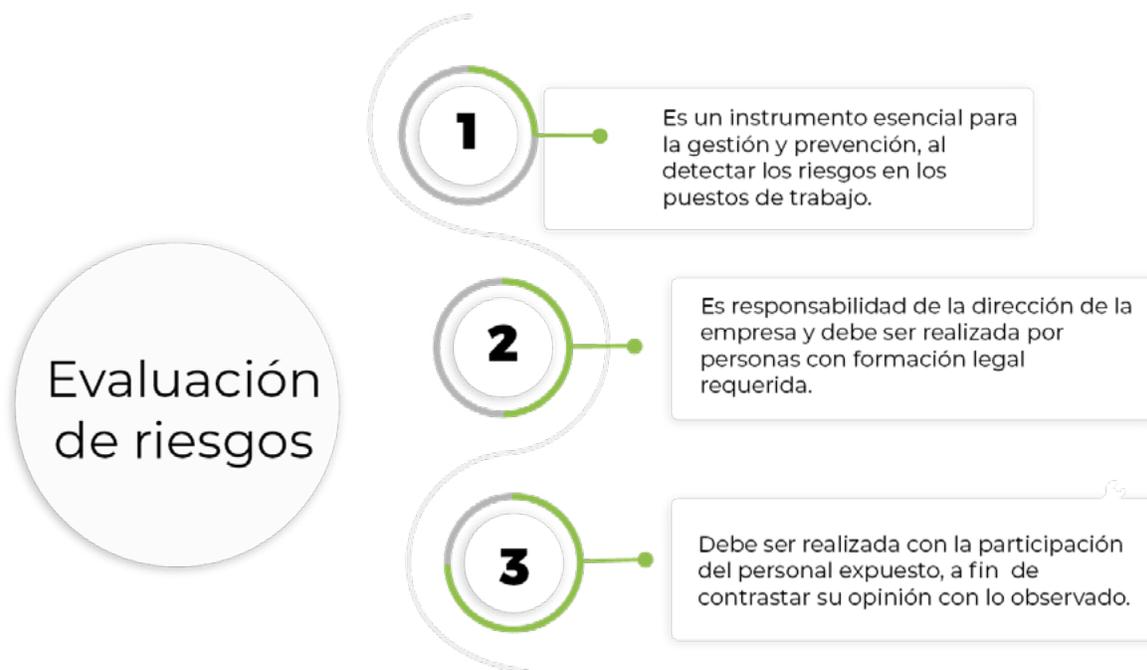
**Figura 3.6. Clasificación de los peligros**

CLASE	PELIGRO	RIESGO	CONSECUENCIA
BIOMECÁNICO	Arranque de carbón, con pico manual o martillo picador.	Posturas inadecuadas, manejo de cargas, sobreesfuerzos, trabajo repetitivo.	Desórdenes de trauma acumulativo; lesiones del sistema músculo esquelético; fatiga; alteraciones articulares y del sistema neuro vascular.
QUÍMICO	Alta concentración de fibras de asbesto, en zona de cargue.	Sobreexposición a fibras de asbesto	Asbestosis Fibrosis por asbesto
	Presencia de polvo de roca	Exposición a polvo con silicatos.	Daño pulmonar crónico. Silicosis. Fibrosis por sílice.
	Atmosferas contaminadas con gases nocivos o explosivos.	Exposición a atmósferas nocivas y/o explosivas	Anoxia, envenenamiento, explosiones, muerte
BIOLÓGICO	Presencia de animales en la mina.	Contacto con animales o excretas.	Enfermedades por zoonosis.
	Consumo de agua de mina sin tratamiento alguno.	Exposición a parásitos, mineralizaciones, tóxicos, virus, etc.	Enfermedades por parásitos, dermatitis, reacciones alérgicas, infecciones contagiosas, alteraciones en diferentes sistemas, muerte.
FÍSICO	Trabajar con equipo neumático, como perforadoras, martillos, ventiladores entre otros.	Exposición a niveles sonoros mayores a 90 db en turnos de 8 horas.	Hipoacusia, estrés, diversos cuadros de enfermedad física y psicológica.
CONDICIONES DE SEGURIDAD	Redes eléctricas desnudas, en vías de tránsito de personal.	Contacto con cables desnudos.	Quemaduras, paros cardíacos y/o respiratorio, fibrilación, shock. Muerte
	Arranque con martillo picador.	Proyección de trozos de roca, Vibraciones.	Golpes, raspones, machucones, daño ocular. Trastornos neuro vasculares.
	Transitar por las vías mineras, a diferente nivel.	Caídas a distinto nivel.	Golpes, heridas, contusiones, fracturas, luxaciones, esguinces, shock, muerte
PSICOSOCIAL	Horario y carga de trabajo	Horario excesivo, falta de control del tiempo de trabajo	Desconcentración, desmotivación, fatiga, estrés, enfermedades sicosomáticas.

### 3.2 EVALUACIÓN DEL RIESGO EN MINERÍA SUBTERRÁNEA

El objetivo de la evaluación, es conocer el nivel de riesgo, asociado al nivel de probabilidad y el nivel de consecuencia, de manera que se puedan comparar criterios iguales y establecer prioridades de intervención de riesgo; para luego decidir, si el nivel de riesgo es aceptable o por el contrario, se debe realizar una intervención de manera que se disminuya el riesgo hasta niveles aceptables.

Durante acciones de salvamento, el personal que expone su vida a los diversos peligros, ha de valorar adecuadamente el nivel de riesgo.



**A manera de ejemplo;** Para determinar la probabilidad de ocurrencia, primero se establece una escala según las posibilidades de materializar el riesgo; por ejemplo, se consideran tres niveles, alto si la posibilidad es mayor al 70%, medio si es desde el 40% hasta el 70%; y bajo menor al 40%.

Para el nivel de severidad, se establecen tres criterios; severidad baja si es un incidente que no requiere atención médica, media si hay heridas o traumas que no requieren incapacidad laboral mayor a un día, y alta, a heridas graves, con atención hospitalaria obligatoria, como, fracturas, traumas, amputaciones y muerte.

En la siguiente gráfica; figura 3.7. Matriz de evaluación de riesgos, los criterios

de severidad de las consecuencias, son contrastadas con el criterio de probabilidad de ocurrencia, según el sentido de las flechas, de menor a mayor nivel de cualificación; obteniendo en el cruce, los niveles de evaluación; indicados desde aceptable, a mejorar y no aceptado; correspondiente a los colores de verde, naranja y rojo respectivamente.

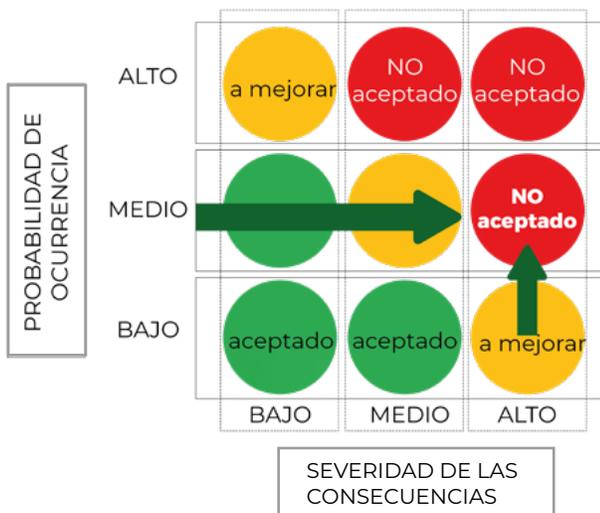
Al usar la matriz de evaluación de riesgos, y teniendo en cuenta el ejemplo de la figura 3.3 la severidad de la consecuencia por caída de roca, es mortal, que de acuerdo a lo indicado anteriormente se clasifica como alta.

la probabilidad de que ocurra, depende de la valoración que se haga a la situación: suponiendo que al tocar el techo

apropiadamente con una barra larga para desabombe, se establece por el sonido hueco, la indicación de roca suelta; entonces la probabilidad de ocurrencia es de medio a alto.

Al cruzar la información, el riesgo no es aceptado, por lo que es necesario realizar una medida correctiva a fin de disminuir el riesgo, en este caso realizar desabombe e instalar sostenimiento.

Figura 3.7. Matriz de evaluación del riesgo para el ejemplo



### 3.3. MEDIDAS DE CONTROL EN MINERÍA SUBTERRÁNEA

**Control:** Son las acciones preventivas y/o correctivas, que se realizan, para minimizar o eliminar los riesgos. Estos se aplican en:

**La Fuente:** (relacionado a todo tipo de energía sin control); **Medio** (Lugar o entorno de un peligro); **Acto** (relacionado al comportamiento humano y a las actividades que desempeña).

**A la persistencia de riesgos,** después de efectuar acciones preventivas y de control, se le denominan **riesgos residuales**.

### 3.3.1. JERARQUÍA DE LOS CONTROLES

La jerarquía de controles es un sistema básico para reducir o eliminar los riesgos, consta de 5 pasos, ordenados jerárquicamente, de acuerdo a la prioridad de uso para controlar el riesgo. Figura 3.8.

Figura 3.8. Jerarquía de los controles



La primera medida de control es eliminar el peligro; si no es posible, se busca sustituir el equipo, la materia o proceso de riesgo por otro que sea de menor riesgo; de no ser posible, en tercera opción, se rediseñan los equipos o procesos de trabajo (control de ingeniería). De no ser posible lo anterior, se utilizan los llamados controles administrativos que son cambios en la organización del trabajo o manera en que se hacen las tareas; como control médico periódico, la señalización, inducción, procedimientos de trabajo y capacitación, entre otras. Y en último nivel, se utilizan los elementos de protección personal (EPP) respiradores de media cara, para retener el material particulado que puede ingresar al pulmón; gafas de protección a los ojos para prevenir el golpe de material proyectado, como cuando se pica, palea, o se manipula una tecla durante el llenado de coches o vagonetas; botas de seguridad impermeables, para proteger los pies de los golpes y humedad, etc.

### 3.3.2 LISTA DE CHEQUEO

Esta es una herramienta utilizada para confirmar que las medidas preventivas propuestas en los procesos de análisis de riesgo están siendo adoptadas.

Consiste en organizar una lista con todos los riesgos identificados y las recomendaciones de prevención correspondientes. Frente a cada ítem se debe diligenciar una casilla con las tareas que ya fueron hechas y las que no.

Las listas de chequeo son un método de análisis de riesgo muy útil porque son fáciles de hacer y de usar. Además, se pueden emplear para cualquier actividad o proceso. Asimismo, facilitan la toma de decisiones. Ver ejemplo en Tabla 3.1.

**Tabla 3.1. Ejemplo de lista de chequeo como análisis y seguimiento de riesgos**

PREVENCIÓN Y CONTROL DE RIESGO QUIMICO						
	S	N				OBSERVACIÓN
Existe medición de gases antes y durante la labor minera	X			X		
El multidetector de gases, es adecuado a los posibles gases presentes	X		X			
La ventilación de la mina es adecuada, para la dilución de gases.	X		X			
Los trabajadores están debidamente capacitados en cuanto al tipo de atmósfera de la mina.		X			X	
Existe presencia de polvo de carbón o material particulado por encima de 50 gr/m <sup>3</sup>	X				X	
Los trabajadores cuentan con protección personal para material particulado	X			X		

 Aceptado       A mejorar       No aceptado

A continuación, se presentan algunos ejemplos, de medidas de control a riesgos causados por exposición, a los peligros presentes en algunas actividades de minería subterránea. Tabla 3.2 a. tabla 3.5.

**Tabla 3.2. Ejemplo riesgos por exposición a peligro químico en minas**

<b>RIESGOS POR EXPOSICIÓN A PELIGRO /QUÍMICO</b>				
<b>EJEMPLO</b>	<b>Peligro a Identificar</b>	<b>Posibles Efectos</b>	<b>Qué hacer si lo hay</b>	<b>EPP</b>
	Humos, gases, vapores y polvos	Alteraciones respiratorias, Cutáneas, visuales. intoxicación, Asfixia, Explosiones. Muerte	Implementar sistemas de ventilación, Registro y medición de Gases a Diario	Protección Respiratoria, Gafas de seguridad.
	Material, particulado.	Enfermedades pulmonares.	ventilación forzada, Humedecer frentes de producción de polvo.	Protección Respiratoria, Gafas de seguridad.

**Tabla 3.3. Ejemplo riesgos biomecánicos en minas**

<b>RIESGOS BIOMECÁNICOS</b>				
<b>EJEMPLO</b>	<b>Peligro a Identificar</b>	<b>Posibles Efectos</b>	<b>Qué hacer si lo hay</b>	<b>EPP</b>
	Extensión o rotación forzadas de la muñeca o la Mano.  Vibración.	Tendinitis, Entumecimiento, Distensión, Daño articular, Enfermedades osteomusculares y neuro venosas.	Cambios de posición frecuentes. Descansos activos Aplicación de procedimiento seguros con Martillo picador.	Básica minería subterránea.  Guantes acolchados.

RIESGOS BIOMECÁNICOS				
EJEMPLO	Peligro a Identificar	Posibles Efectos	Qué hacer si lo hay	EPP
	Aplicación de fuerza combinada con movimientos repetitivos, posturas forzadas	Lesiones osteomusculares. Trastornos, musculo esqueléticos	Implementación de pausas activas. Aplicación de procedimientos seguros para colocación sostenimiento.	Básica minería subterránea, Guantes
	Postura inadecuada forzada con sobre esfuerzo	Lesiones y trastornos al sistema osteomusculares hernias, caídas, golpes, muerte.	Implementar equipo de transporte de carga.	Básica minería subterránea

**Tabla 3.4. Ejemplo de riesgo por exposición a peligro biológico en minas**

RIESGO POR EXPOSICIÓN A PELIGRO BIOLÓGICO				
EJEMPLO	Peligro a Identificar	Posibles Efectos	Qué hacer si lo hay	EPP
	Virus, Bacterias, Hongos, producido por descomposición elementos de sostenimiento, aguas residuales	Enfermedades infecciosas, virales, cutáneas y parasitarias, Reacciones alérgicas, envenenamiento.	Dar aviso. orden y aseo en sitio de trabajo, Señalización y demarcación que indique riesgo biológico	Básico minería bajo tierra. Guantes caucho.

**Tabla 3.5. Ejemplo de riesgos a condiciones de seguridad en minas**

<b>RIESGOS A CONDICIONES DE SEGURIDAD</b>				
<b>EJEMPLO</b>	<b>Peligro a Identificar</b>	<b>Posibles Efectos</b>	<b>Qué hacer si lo hay</b>	<b>EPP</b>
	<p>Locativo. Sostenimiento en mal estado, Desprendimiento de roca, Piso suelto o húmedo, superficies de trabajo irregular</p>	<p>contusiones, traumas, heridas, lesiones osteomusculares, Derrumbes, muerte</p>	<p>Seguir procedimiento de trabajo seguro, Trabajo en equipo, reemplazo oportuno de elementos de sostenimiento, Demarcación y señalización de zona de riesgo de derrumbe.</p>	<p>Básica minería bajo tierra.</p>
	<p>Riesgo eléctrico, Conexiones expuestas.</p>	<p>Quemaduras, shock eléctrico, lesiones, paro cardio-respiratorio. muerte</p>	<p>Uso de caja con conexiones no expuestas. Solo personal autorizado. Señalización.</p>	<p>Botas, cinturón, casco, dieléctrico, Guantes para trabajo eléctrico, Básico trabajador Bajo tierra.</p>
	<p>Riesgo mecánico. Aplastamiento, corte, enganche, impacto, fricción, proyección de sólidos o fluidos</p>	<p>Golpes, heridas, desmembraciones, atrapamiento, muerte.</p>	<p>Aplicación procedimiento seguro. Personal capacitado. Equipo aislado. Con guardas.</p>	<p>Básico bajo tierra.</p>

### 3.4. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL, USO ADECUADO, LIMPIEZA Y CUIDADOS

Los equipos de protección personal EPP son artículos diseñados para actuar como barrera para proteger al cuerpo o parte de él; de golpes, caídas, abrasiones, punciones y heridas, o es un elemento que absorbe o retiene una sustancia nociva, evitando o disminuyendo la posibilidad que el trabajador se lesione o enferme.

Es obligación del titular minero dar a conocer los riesgos a los que están expuestos los trabajadores y determinar los EPP que deberán utilizar.

El suministro del EPP es responsabilidad del titular minero, y es obligación de los trabajadores hacer buen uso del equipo de protección y participar en capacitaciones y adiestramiento para saber cuándo es necesario el uso de los EPP, conocer el tipo de EPP que necesita, la revisión, reposición, limpieza, limitaciones, mantenimiento, resguardo y disposición final. Ver figura 3.9. Equipo de protección básico para trabajos en minería subterránea; y tabla 3.7. Matriz de EPP más usados por el socorredor.



Tabla 3.7. Matriz de epp más usados por el socorredor



### Casco de seguridad

Protege contra golpes y perforaciones menores. Los cascos dieléctricos protegen contra quemaduras y shock eléctrico.

No se debe dejar caer de la cabeza, se recomienda usar correa sujeta a la quijada (barbiquejo)

Rajaduras o daños, pueden reducir el grado de protección.



### Casco para trabajo en alturas

Liviano, protege contra golpes laterales, de frente y verticales. Siempre se usa con barbiquejo.



### Overol

Ropa protectora, barrera contra suciedad, y material químico poco reactivo. Con cintas reflectivas, en algodón y poliéster.

Se busca protección y confort.



### Impermeables

Para evitar que la ropa de trabajo se moje. En ambientes por caída de agua.

Hecha en materiales plásticos.



## Bota de caucho reforzada

Bota impermeable, antideslizante, con puntera, talón y tobillo reforzado. Plantilla anti-perforación. Se debe lavar y desinfectar luego de la jornada de trabajo.



## Gafas de seguridad

Con guardas laterales y superiores para proteger de partículas proyectadas de mediano impacto. La mono gafa hermética, protege de salpicaduras, en el manejo de líquidos o vapores.



## Guantes de cuero

Existe una gran variedad de estilos. Antes de escoger uno, se requiere verificación de prueba. Evitar mojarlos.



## Guantes industriales

De nitrilo. Neopreno o nitrilo. **Usos**, químicos orgánicos, solventes y ácidos.



## Guantes de caucho dieléctricos

De caucho vulcanizado. **Uso**, manejo de corrientes eléctricas.



## Protección auditiva

De copa, se colocan envolviendo el pabellón de la oreja, de múltiple uso, debe ser conservado en bolsa, limpio y desinfectado. De tapón, se coloca en el canal auditivo, es desechable.



## Mascarilla media cara con filtro

Dependiendo del tipo de filtro, ofrece una amplia gama de protección, contra, vapores, nieblas, humo y material particulado. De uso personal, debe ser limpiado y desinfectado después de su uso.



## Respirador desechable

N95 o más, para protección de fracción respirable, material particulado.



## Autorrescatador

De uso único, proporciona la oportunidad de escape en condiciones de atmósferas irrespirables. No se debe manipular ni golpear. Es necesario el adecuado entrenamiento para su uso. Para su selección se debe tener en cuenta lo establecido en la resolución 368 de 2016.



## Arnés de seguridad

Correas y costuras en poliamida, poliéster o nylon. Todos los herrajes y correas han de indicar su resistencia y las normas que le aplican.

Los EPP están expuestos a contaminación, por los agentes presentes en el ambiente de trabajo y por la grasa y el sudor humano, por lo que deben ser lavados con agua y jabón, siguiendo las recomendaciones del fabricante.

## TEST DE RETROALIMENTACIÓN

1. Indique la diferencia entre peligros y riesgos. Mencione algunos ejemplos.
2. ¿Cómo se clasifican los riesgos y peligros? Mencione ejemplos
3. ¿En qué consiste una evaluación de riesgos? Mencione ejemplos
4. Usando la matriz de evaluación y una lista de chequeo, relacione ejemplos de control de riesgos

5. Respecto al uso de EPP

¿Cuándo se debe usar un EPP?

¿Quién determina el uso del EPP?

¿Quién debe suministrar el EPP y cada cuánto?

Mencione los principales cuidados que se deben tener con cada uno de los EPP

# CAPÍTULO

# 04



## **INTEGRIDAD**

El socorredor minero actuará de forma objetiva y no se dejará influir por prejuicios o intereses que lo lleven a tratar de beneficiar a una de las partes involucradas.

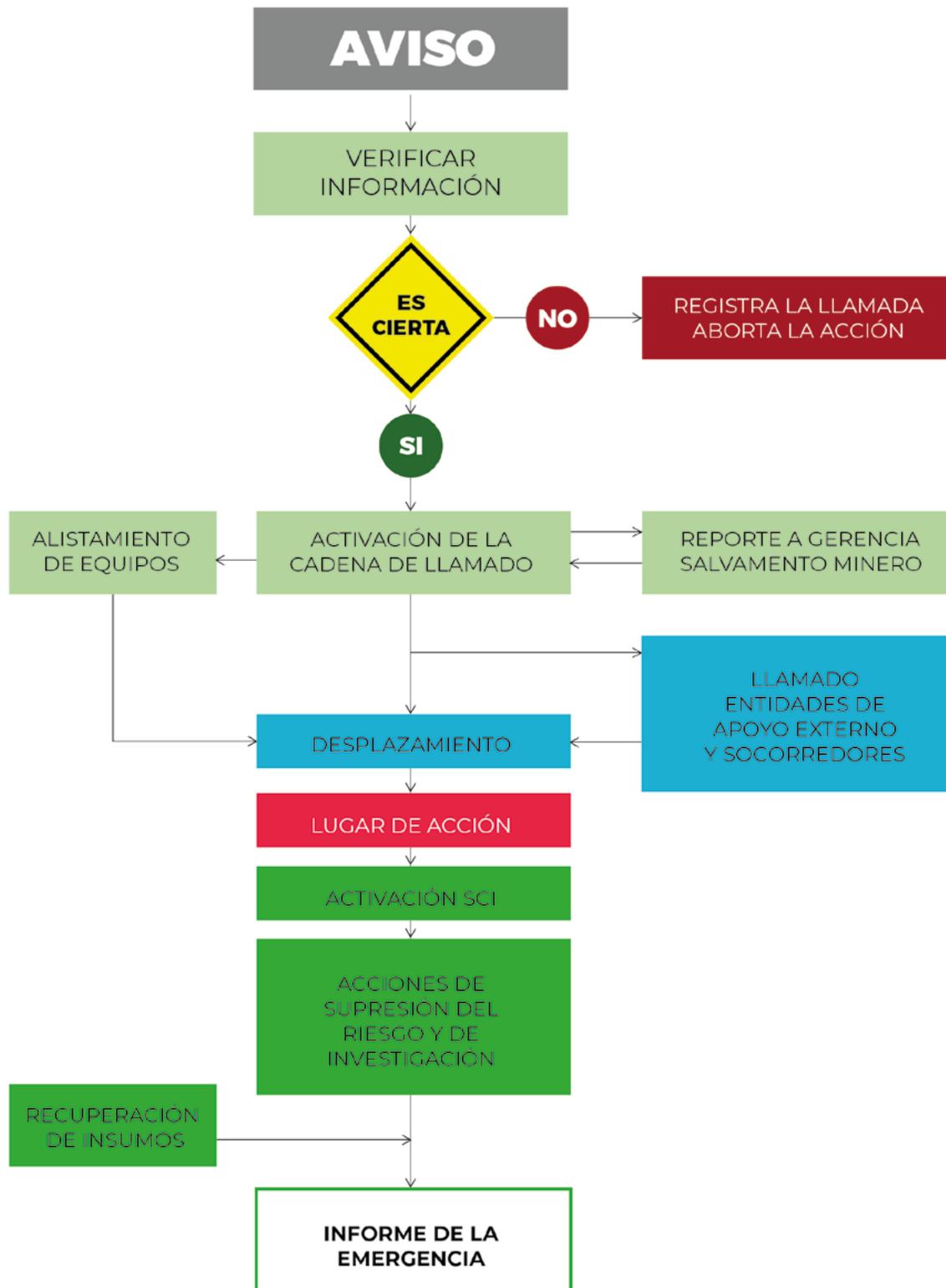
**TÁCTICAS PARA LA ATENCIÓN DE  
EMERGENCIAS MINERAS Y SISTEMA DE  
COMANDO DE INCIDENTES SCI**

## **TÁCTICAS PARA LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS MINERAS Y SISTEMA DE COMANDO DE INCIDENTES SCI**

Es obligación de todo empresario minero, tener un buen elaborado plan para la prevención y atención de emergencias mineras, articulado con el Servicio Nacional de Salvamento Minero; de manera, que identifique adecuadamente las amenazas y vulnerabilidades. Este plan, se fortalece al incluir a personal entrenado en Salvamento Minero como líderes de brigadas, de manera que en caso de una eventual emergencia, se tenga certeza en saber comunicar y actuar, aún desde la mina, de manera coordinada en las diversas etapas de activación, atención y finalización de la emergencia, buscando minimizar las posibilidades a que aparezcan nuevos riesgos; y que la actuación sea adecuadamente desarrollada, por el protocolo de atención en cabeza de la Agencia Nacional Minera.

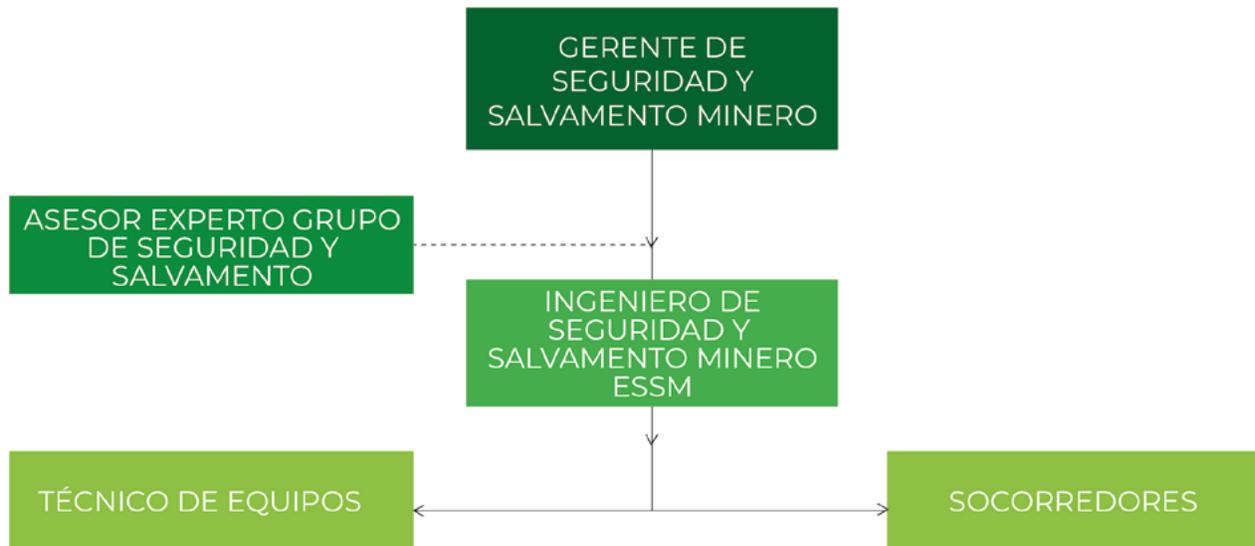
### 4.1. FLUJOGRAMA DE LA ATENCIÓN A LA EMERGENCIA FIGURA

Figura 4.1. Flujoograma de atención a la emergencia



## 4.2. FUNCIONES DE LOS INTEGRANTES DE CADA NIVEL PARA LA ATENCIÓN DE LA EMERGENCIA MINERA

Figura 4.2. Integrantes para la atención de la emergencia minera – ANM



<b>Ing. Gerente de Seguridad y Salvamento Minero.</b>	Coordinar las labores de apoyo administrativo y logístico; información centralizada a los medios de comunicación nacional.
<b>Ing. Asesor experto grupo de Seguridad y Salvamento Minero</b>	Apoya las labores logísticas y administrativas de la atención de emergencias.
<b>Ingenieros Estación de Seguridad y Salvamento Minero ESSM</b>	Organizar, coordinar operativamente la emergencia y agrupamiento de cuadrillas de salvamento minero disponible en el área de influencia de la ESSM.
<b>Técnicos mecánicos de equipos de salvamento minero ESSM</b>	Organizar revisar y mantener los diferentes equipos de seguridad. Dependiendo de la labor por realizar, revisar los equipos a cada uno de los socorredores y verificar que se encuentren en buen estado para su utilización; alistar los equipos de salvamento en superficie; controlar el inventario de equipos utilizados en las acciones.
<b>Socorredores</b>	Realizar la intervención de las acciones de salvamento minero, de manera segura.

## **4.3. SECUENCIA PARA LA ATENCIÓN DE LA EMERGENCIA**

### **4.3.1. RECIBIR LA INFORMACIÓN**

La persona que recibe la información, sobre la existencia de una emergencia, la transmite de inmediato al Ingeniero de Seguridad y Salvamento Minero o en su defecto al mecánico de equipos, quien se encargará de verificar la información.

### **4.3.2. ACTIVACIÓN DE LA CADENA DE LLAMADO**

72 Cuando se tiene la certeza de que la emergencia existe, se procede a hacer el llamado a los líderes de todo el sistema. Ingeniero ESSM, al Gerente de Seguridad y Salvamento Minero, y al asesor experto del Grupo de Seguridad y Salvamento Minero lo que permite activar la estructura administrativa y operativa para la atención de emergencias. Figura 4.1. Flujograma para la atención de una emergencia

### **4.3.3. LLAMADO A SOCORREDORES Y COORDINADORES LOGÍSTICOS DE SALVAMENTO MINERO**

El llamado a los socorredores y coordinadores logísticos, dependerá de la ubicación geográfica donde se esté presentando la emergencia y el tipo de evento que la causó, la cantidad de socorredores dependerá de la magnitud de la emergencia, de la extensión de explotación minera y de los riesgos asociados que estén involucrados en la atención; la determinación de a quién llamar y a cuántos depende del ingeniero de la ESSM que esté coordinando la emergencia.

### **4.3.4. LLAMADO A ENTIDADES DE APOYO EXTERNO MÁS CERCANAS.**

El criterio de a quién llamar y cuándo dependerá básicamente del tipo de emergencia y de su magnitud; sin embargo, a todas las entidades del área de influencia se les debe informar con el objeto de que estén preparadas en caso de que se requiera su participación. Cuando se presenten fatalidades, resulta fundamental que se le dé aviso en primera instancia a la Fiscalía que tenga la Jurisdicción o en su defecto a la Policía con funciones de Policía Técnica Judicial.

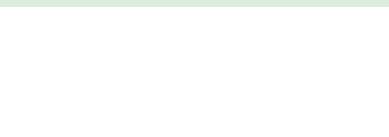
### **4.3.5. ALISTAMIENTO DE EQUIPOS DE SEGURIDAD Y SALVAMENTO MINERO**

Analizada la información y dependiendo de la clase de accidente, su ubicación y magnitud, se procede al alistamiento de equipos de rescate, ubicación del personal socorredor y acudir al llamado en el menor tiempo posible.

**Tabla 4.1. Matriz de equipos y medios, usados en salvamento minero**

<b>MATRIZ DE EQUIPOS Y MEDIOS, USADOS EN SALVAMENTO MINERO</b> <b>1. INCENDIO Y EXPLOSIONES    2. ATMÓSFERAS IRRESPIRABLES    3. DERRUMBES</b> <b>4. ELECTROMECHANICOS    5. CAIDA ALTURAS    6. INUNDACIONES</b>								
	NOMBRE	PICTOGRAMA	1	2	3	4	5	6
<b>Protección Respiratoria</b>								
1	Aparato de respiración de presión positiva de autocontenido regenerativo ( RCC)							
2	Autorrescatador de oxígeno químico							
<b>Monitoreo Ambiental</b>								
3	Monitor multigases							
4	Termohigroanemómetro.  Equipo que permite tomar la temperatura, humedad y velocidad de una corriente de aire.							
<b>Incendios y Explosiones</b>								
5	Tubería y elementos de conexión baldes, hidrantes, boquillas.							
6	Mangueras contra incendios, acoples y accesorios.							

7	Extintor de incendios								
8	Cámara de imagen térmica								
Corte y expansión									
9	Expansor hidráulico								
10	Cortador hidráulico de mandíbula, Para metales								
11	Bomba hidráulica de mano								
12	Mangueras hidráulicas								
13	Cadenas								
14	Cojín neumático								
Rescate con cuerdas									
15	Dispositivos de control de descenso y ascenso, mosquetones, cuerdas, cordinos, ocho.								

16	Cuerdas de anclaje								
17	Eslingas de sujeción								
18	Absorbedor de energía								
19	Eslinga con absorbedor de energía								
20	Trípode tipo Airshore								
21	Torno								
22	Arnés de cuerpo completo y correas								
Primeros Auxilios y Recuperación									
23	Sistemas de rescate (camilla Sked)								
24	Camilla de canasta								
25	Camilla rígida.								
26	Inmovilizadores y férulas								
27	Bolsas para cuerpos								

Trauma primeros auxilios									
28	Vendajes varios (súper absorbentes, sangrado profuso, heridas grandes, adaptables), vendas estériles para ojos, rollos cinta, tijeras, ganchos imperdibles, guantes quirúrgicos, protectores de cara para resucitador, Enjuague ocular, torniquete, desinfectantes heridas, pulsómetro, gasas hemostáticas (coagulante).								
29	Care vent								
30	Resucitador manual								
Protección personal									
31	EPP socorredor	ver capítulo 3							
32	Caja de tiza, línea de vida personal, tabla de calor y humedad, cuerda para línea de vida, botellas de agua. Relojes.								
Comunicaciones									
33	Sistema de comunicación emergencias mineras.								

<p><b>34</b></p>	<p>Libros de registro (base de aire fresco, comandante incidente, superficie, planillas turno cuadrillas, hojas de tiempo) señalización para base aire fresco. Revisión ECC.</p>		
<p>Caída de Rocas</p>			
<p><b>35</b></p>	<p>Palancas de fricción. (estemple mecánico)</p>		
<p><b>36</b></p>	<p>Palancas hidráulicas</p>		
<p>Otros equipos</p>			
<p><b>37</b></p>	<p>Electrobomba sumergible de funcionamiento a autónomo en atmósferas explosivas.</p>		
<p><b>38</b></p>	<p>Generador eléctrico</p>		
<p><b>39</b></p>	<p>Ventilador axial 2KIM-500. Trabaja impelente o soplante, en atmósferas explosivas.</p>		
<p><b>40</b></p>	<p>Motosierra.</p>		
<p><b>41</b></p>	<p>Perforador eléctrico, con norma ATEX.</p>		

42	Diferencial de palanca.		
43	Gato de cremallera		
44	Cajas de herramientas. Con juegos de copa y llaves combinadas, azuela, serrucho, martillo, alicates, destornilladores, volvedores, extensiones, barras.		
REQUERIDO			
OPCIONAL SUGERIDO			

### 4.3.6. TRANSPORTE DE PERSONAL Y EQUIPOS

Los equipos y el personal de la Agencia Nacional de Minería, que atenderán la emergencia, se desplazarán en el vehículo de rescate de acuerdo a la directriz generada por la Gerencia de Seguridad y Salvamento Minero y previa autorización (telefónica o escrita).

### 4.3.7. LLEGADA AL LUGAR DE LA EMERGENCIA Y ACTIVACIÓN DEL SISTEMA DE COMANDO DE INCIDENTES

Una vez llega al lugar de la emergencia, se informa a la Gerencia de Seguridad y Salvamento Minero y a la Estación de Seguridad y Salvamento Minero y se activa el Sistema de Comando de Incidentes.

### 4.3.8. ACCIONES DE SUPRESIÓN DE RIESGOS Y DE INVESTIGACIÓN

Dada la magnitud de algunos eventos, para restablecer las condiciones óptimas para laborar, se ejecutan algunas acciones por parte del cuerpo de salvamento minero; en ocasiones se hace en forma simultánea a la operación de rescate, pero en la mayoría de los casos se debe programar para los días posteriores. Otra actividad que parte desde el mismo momento que se atiende la emergencia es el proceso de investigación, con el fin de determinar en la forma más precisa posible las causas que originaron el accidente, a fin de controlarlas, aprender de la situación y divulgarla a través de la capacitación y sensibilización, con el objeto de evitar que se repita no solo en la explotación donde ocurrió el evento, sino también en las demás explotaciones mineras. Esta investigación la lidera el Ingeniero de Seguridad y Salvamento Minero y puede contar, cuando se requiera, de peritos especializados.

#### 4.3.9. REALIZACIÓN DEL ACTA DE EMERGENCIA

Inmediatamente finalizadas las operaciones de rescate, el Ingeniero de Seguridad y Salvamento Minero debe elaborar el Acta de Emergencia, en la cual deben especificarse las medidas preventivas y de seguridad tomadas.

#### 4.3.10. AUTORIZACIÓN PARA ACTUAR LOS SOCORREDORES POR PARTE DE LAS EMPRESAS MINERAS

Ningún socorredor debe participar en una emergencia si no ha sido autorizado por su jefe inmediato o un funcionario de la empresa o mina a la cual pertenece. Para ello es necesario que en el momento de la convocatoria se realice el llamado a las minas respectivas, para que de estos sitios envíen el personal que va a participar en la atención

79

#### 4.4. SISTEMA DE COMANDO DE INCIDENTES - SCI

Consiste en la combinación de instalaciones, equipamiento, personal, procedimientos, protocolos y comunicaciones, operado en una estructura organizacional común, con la responsabilidad de administrar los recursos asignados para lograr efectivamente los objetivos pertinentes a un evento, incidente u operativo.

Esta es la definición establecida por USAID/OFDA



**Características:**

- Sistema flexible en su organización
- Sirve para atender incidentes de cualquier envergadura y complejidad.

**4.4.1 Principios del SCI**

*Tabla 4.2. Principios del SCI*

<b>Características</b>	<b>Principios</b>
<b>Estandarización</b>	Terminología Común
<b>Mando</b>	Asumir y transferir el mando
	Cadena de mando y unidad de mando
	Comando unificado
<b>Planificación y estructura organizacional</b>	Manejo por objetivos
	Plan de acción del incidente
	Organización modular
	Alcance de control
<b>Instalaciones y recursos</b>	Instalaciones
	Manejo integral de los recursos
<b>Manejo de las comunicaciones e información</b>	Comunicaciones integradas
	Manejo de la información e inteligencia
<b>Profesionalismo</b>	Responsabilidad
	Oportunidad y pertinencia de los recursos



### 4.4.2. BASE ESTRUCTURAL DEL SCI

Figura 4.3. Estructura organizacional del sci

<p><b>Objetivo:</b> Organizar una base estructural de funciones del SCI.</p>	<p><b>Responsables:</b> Primera persona con capacidad operativa de la Agencia Nacional de Minería.</p>
--	--

### Estructura Organizacional



### 4.4.3. ESTABLECIMIENTO DEL SCI

- Mando único (MU)
- Comando Unificado (CU)

**Pasos a seguir por el primer respondedor con capacidad operativa**

1. Informar a su base de su arribo a la escena.
2. Asumir el mando y establecer el puesto de comando.
3. Evaluar la situación.
4. Establecer sus objetivos.
5. Establecer sus objetivos.
6. Determinar las estrategias.
7. Determinar la necesidad de recursos e instalaciones.
8. Preparar la información para transferir el mando.

**1. Informar a su base de su arribo a la escena.**

**2. Asumir el mando y establecer el puesto de comando.**

Se debe informar a las demás entidades que ha asumido el mando. El Puesto de Comando (PC) es el lugar desde donde se ejerce la función de comando, es un lugar fijo o móvil, bien señalizado (vehículo, carpa, remolque, camión u otro que pueda ser fácil y rápidamente reubicado). Lo establece el Comandante del Incidente cuando la situación lo exige, sea por la complejidad del incidente, por cantidad de recursos que deberá administrar para controlarlo o por su duración. Cuando es posible y no se compromete la seguridad, el PC se ubica en línea visual con el incidente y lo establece el comandante del Incidente, que será el Ingeniero de la Estación de Seguridad y Salvamento Minero

Al establecer el puesto de comando se debe asegurar que tenga:

Seguridad, visibilidad, facilidades de acceso y circulación, disponibilidad de comunicaciones, distanciamiento de la escena, del ruido y la confusión; y capacidad de expansión física

NOTA: Definición tomada del material de referencia del curso básico de SCI de USAID / OFDA.

**3. Evaluar la situación**



Para contar con adecuada información, se requiere que como primeros respondedores evalúen la situación, con el fin de tener una visión integral del problema.

Estos datos dependen de las características

propias de cada evento. Comienzan a recolectarse en la evaluación inicial de la escena y, en general, son los que responden a los interrogantes siguientes:

- ¿Cuál es la naturaleza del incidente?
- ¿Qué sucedió?
- ¿Qué amenazas están presentes?
- ¿De qué tamaño es el área afectada?
- ¿Cómo podría evolucionar?
- ¿Cómo se podría aislar el área?
- ¿Qué lugares podrían ser adecuados para Puesto de Comando, Área de Espera y Área de Concentración de Víctimas?
- ¿Qué rutas de acceso y de salida son seguras para permitir el flujo del personal y del equipo?
- ¿Cuáles son las capacidades presentes y futuras, en términos de recursos y organización?

**4. Establecer el perímetro de seguridad**



Coordinar la función de aislamiento perimetral con el organismo de seguridad correspondiente (Fuerzas Militares o Policía Nacional), el retiro de todo personal que se encuentre la zona de impacto y que no haga parte del personal de respuesta reconocido por el Sistema Nacional de Salvamento Minero.

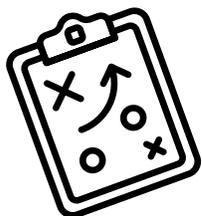
**5. Establecer los objetivos**



El primer respondedor debe establecer un plan de acción del incidente (PAI), que se conoce como el PAI inicial.

Estos objetivos por lo general se planifican en forma mental. Deben expresar claramente lo que se necesita lograr. Deben ser específicos, observables, alcanzables y evaluables.

## 6. Determinar las estrategias



En el Plan de Acción del Incidente (PAI) se establecen la(s) estrategia(s) correspondientes a cada objetivo, asignaciones tácticas de los recursos con que cuenta y la organización.

83

## 7. Determinar las necesidades de recursos y las posibles instalaciones

Se identifica la necesidad de los recursos y se solicita apoyo a la central de comunicaciones. Además, se determinan las posibles instalaciones que se van a requerir y su posible ubicación. Las instalaciones son espacios físicos designados por el Comandante del Incidente, para cumplir una función prevista en el Sistema de Comando de Incidentes, las cuales son, además del puesto de comando, las siguientes:

- **Área de Espera (A):** Corresponde al lugar donde se concentran los recursos mientras esperan sus asignaciones. La señal que identifica al área de espera es un círculo con fondo amarillo y una E de color negro en su interior.
- **Área de Concentración de Víctimas (ACV):** Lugar establecido para efectuar clasificación, estabilización y transporte de las víctimas de un incidente. Se identifica con un círculo de fondo amarillo y las letras ACV de color negro
- **Base (B):** Lugar desde donde se coordinan y administran las funciones logísticas. La señal que identifica la base es un círculo de fondo amarillo con una B de color negro en su interior.
- **Campamento (C):** Lugar dentro del área general del incidente, equipado y atendido para proporcionar al personal un sitio para alojamiento, alimentación e instalaciones sanitarias. Se identifica con un círculo de fondo amarillo con una C de color negro en su interior.
- **Helibase (H):** Lugar de estacionamiento, reabastecimiento, mantenimiento y equipamiento de helicópteros. Se identifica con una H negra dentro de un círculo de fondo amarillo.
- **Helipunto (H1):** Lugar preparado para que los helicópteros puedan aterrizar, despegar, cargar y descargar personal, equipo y materiales. Se identifica con H1 de color negro dentro de un círculo de fondo amarillo. Figura 4.4 y Tabla 4.3

Figura 4.4. Zonificación de áreas

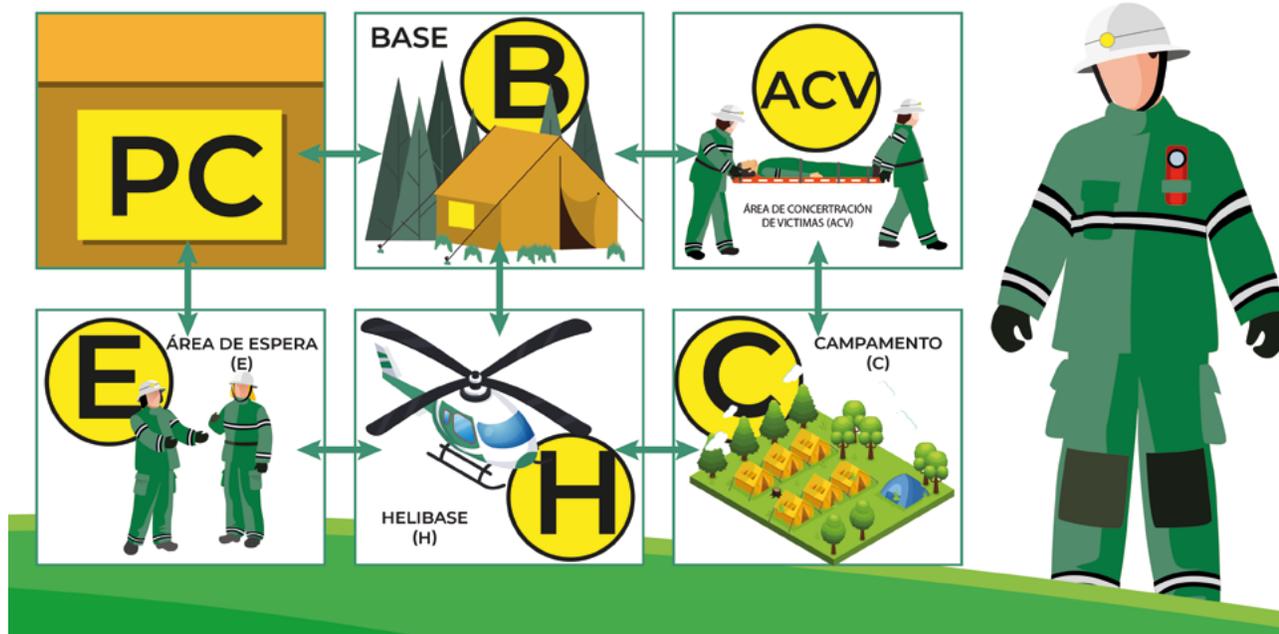


Tabla 4.3. Señalización de áreas

<p><b>Objetivo:</b> Permitir una rápida y eficaz identificación de las zonas dentro del incidente</p> <p><b>Responsables:</b> Primer respondiente operativo Agencia Nacional de Minería</p> <p><b>Apoyo:</b> Bomberos, Defensa Civil, Policía Nacional, Ejército.</p>		
<p><b>Recursos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Cinta de aislamiento</li> <li>* Vallas</li> <li>* Manillas</li> <li>* Equipo antimotín</li> <li>* Tanquetas</li> <li>* Radioteléfonos</li> <li>* Equipo propio necesario para cada entidad</li> </ul>		<p><b>Riesgos Asociados</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Amotinamientos</li> <li>* Aglomeraciones</li> <li>* Entrada de personal no autorizado</li> <li>* Personas dentro del área que ostaculecen labores de las entidades operando en la zona</li> <li>* Insuficiente personal de apoyo en zona acordonada</li> <li>* Congestión vehicular</li> </ul>

## 8. PREPARAR LA INFORMACIÓN PARA TRANSFERIR EL MANDO

La transferencia de mando se efectúa de manera verbal y esta se debe llevar a cabo en persona y cara a cara. Información que debe transmitirse al hacer la transferencia del mando en forma verbal:

- **Estado del incidente:**
  - ¿Qué pasó?
  - ¿Qué se ha logrado?
  - ¿Qué se tiene que hacer?
  - ¿Qué se necesita?
- **Situación actual de seguridad**
- **Objetivos y prioridades**
- **Organización actual**
- **Asignación de recursos**
- **Recursos solicitados y/o en camino**
- **Instalaciones establecidas**
- **Plan de comunicaciones**
- **Probable evolución**

Una vez hecha la transferencia de mando, debe ser informada a la central de comunicaciones quién es el nuevo comandante del Incidente

## 4.5 PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS NORMALIZADOS - PON

Son acciones predefinidas, para responder a tareas específicas que pueden presentarse durante el desarrollo de una atención de emergencias. Se espera que se ejecuten siguiendo el orden y las indicaciones generales. Contienen, un encabezado

específico a la acción prevista, presenta el objetivo, discrimina los responsables y apoyo probable, define de manera general tanto recursos, como riesgos asociados y describe el desarrollo de la acción en forma de flujograma.

A continuación, se presentan, los Procedimientos Operativos Normalizados, desarrollados para su aplicación en acciones de salvamento minero, los cuales son:

PON para delimitación de zonas.

PON para ubicación del área de concentración de víctimas ACV.

PON para manejo de orden público.

PON para coordinación vehicular.

PON para elaboración de censos.

PON para información al público.

PON para búsqueda y rescate.

## Procedimiento operativo normalizado - PON

### Delimitación de zonas

**Objetivo:**

Permitir fácil y rápido desarrollo de las labores de los organos operativos.

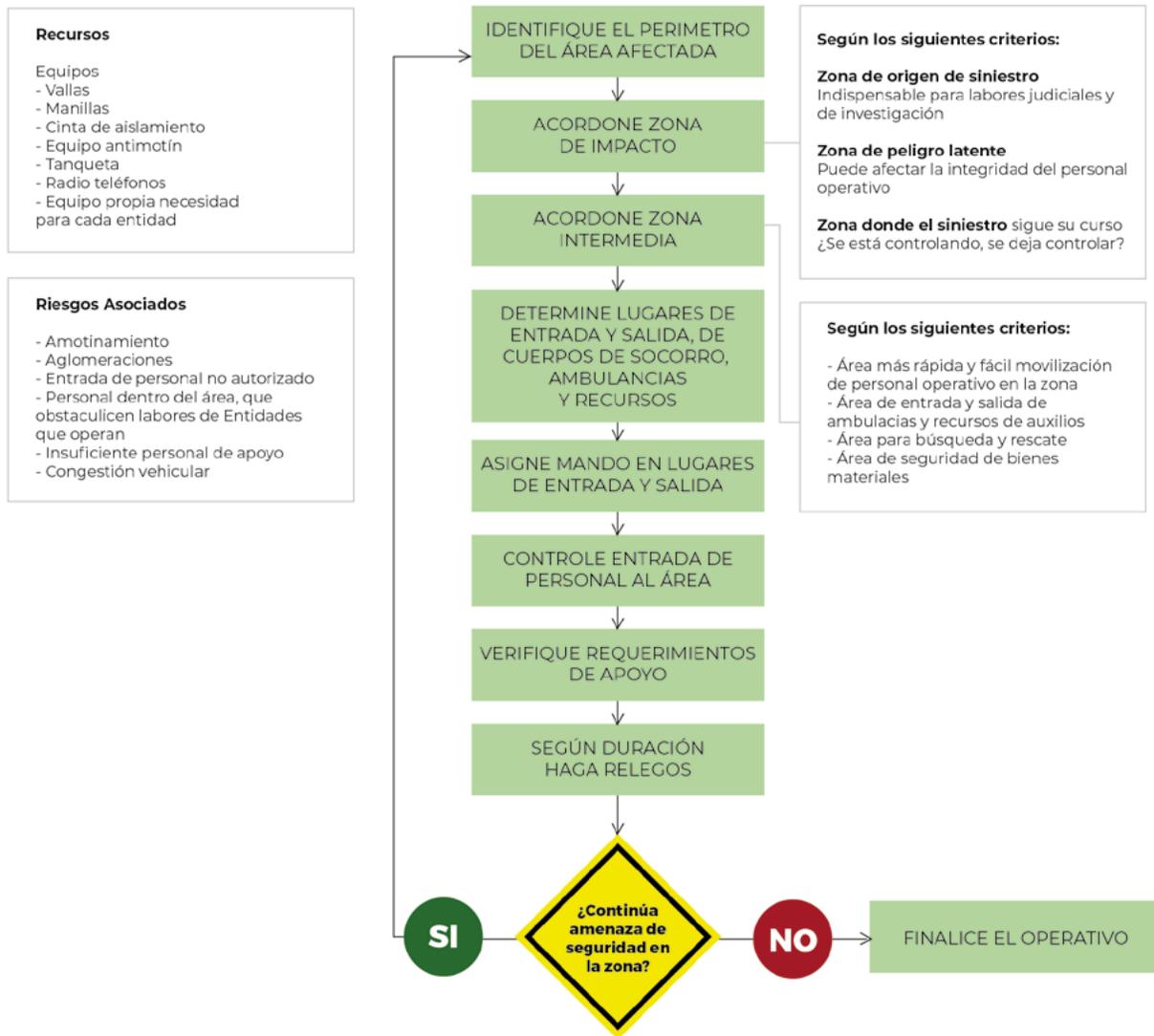
**Responsables:**

Policia Nacional y Ejército Nacional.

**Apoyo:**

Cuerpo de Bomberos, Defensa Civil Colombiana, Secretaría de Tránsito.

### Cuando Ilegue al lugar de la Emergencia



## Procedimiento operativo normalizado - PON

### Delimitación de zonas

**Objetivo:**

Recibir, clasificar y estabilizar a las víctimas para posterior transporte y remisión a centro de atención.

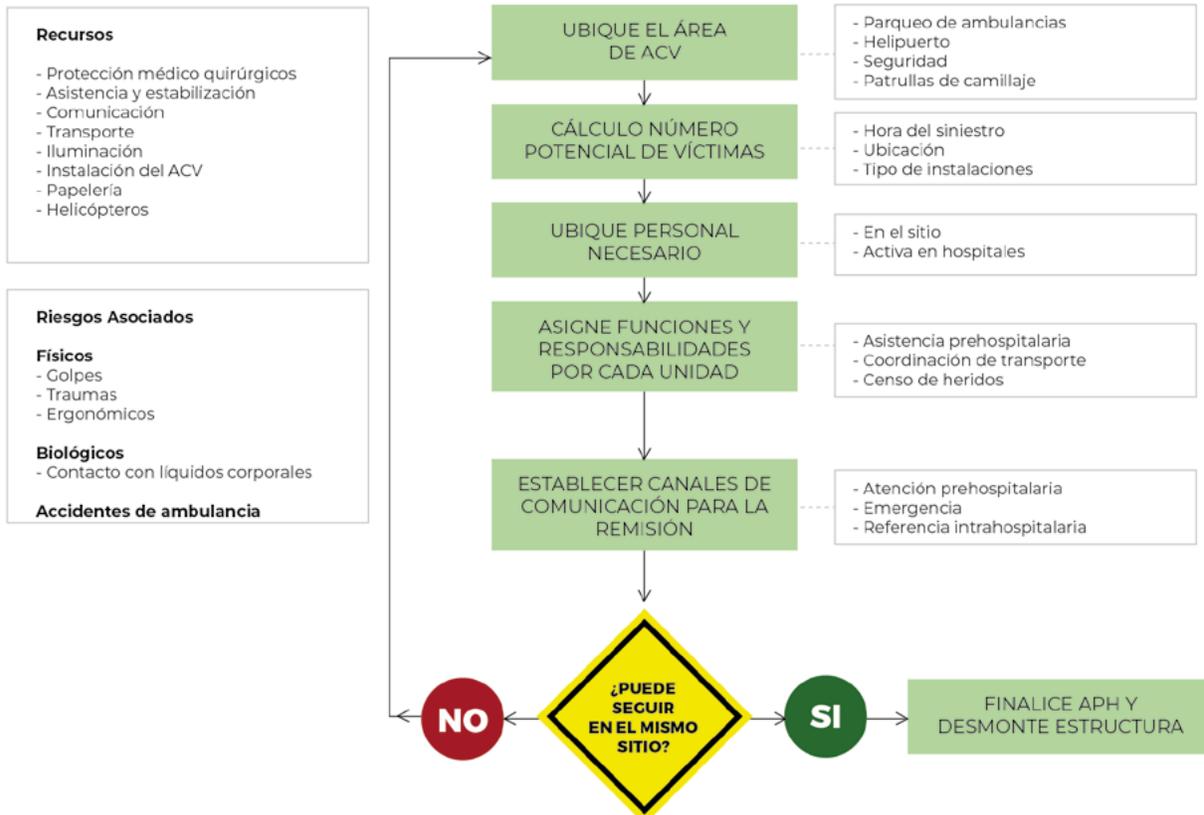
**Responsables:**

Secretario de Salud, Cruz Roja, Grupo Usar, Empresas Servicio de Salud.

**Apoyo:**

Cuerpo de Bomberos, Defensa Civil, Grupo de Salvamento Minero.

### Después de acordonar el área



**Procedimiento operativo normalizado - PON**

**Manejo de orden público**

**Objetivo:**

Garantizar el orden público de bienes materiales.

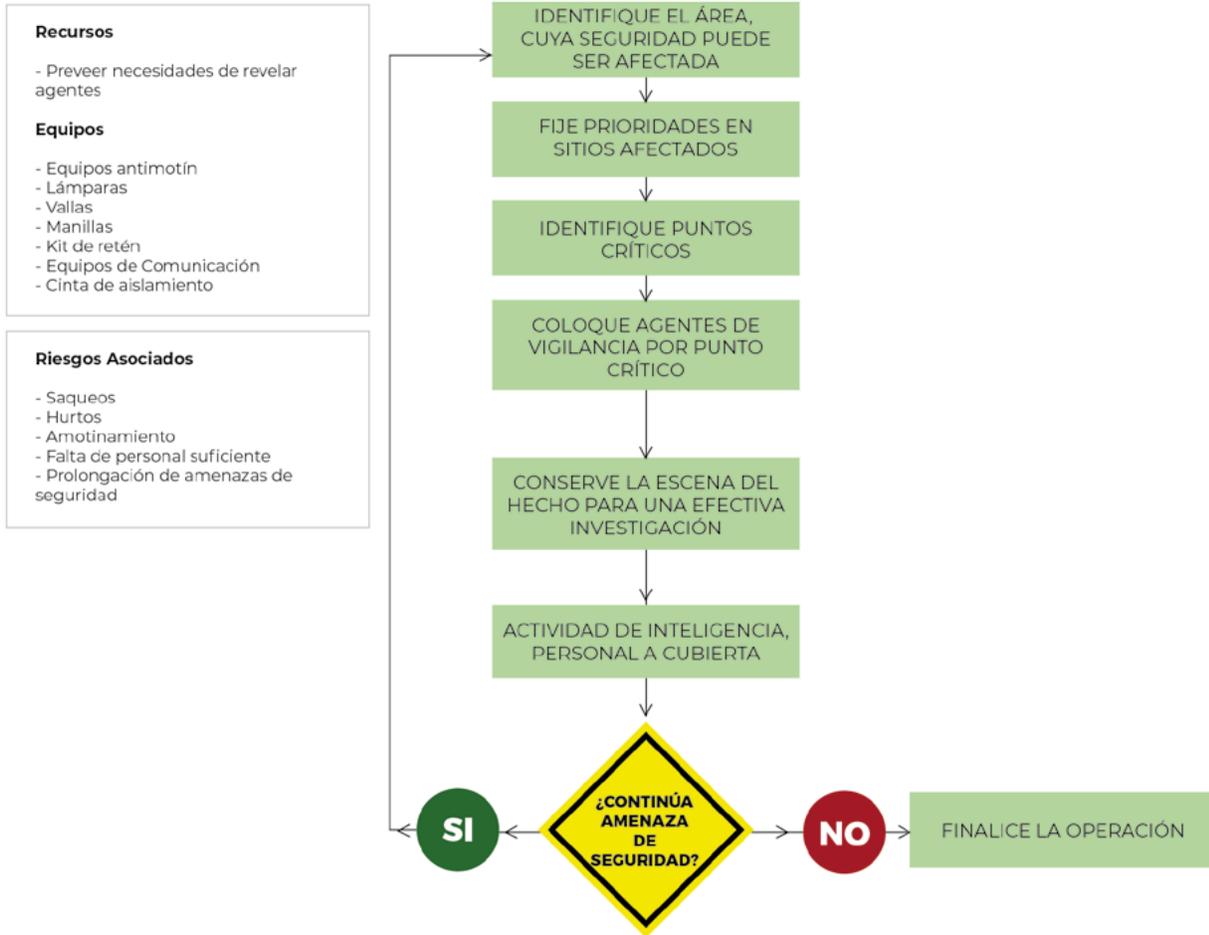
**Responsables:**

Policía Nacional y Ejército Nacional.

**Apoyo:**

Cuerpo de Bomberos, Defensa Civil Colombiana, Policía Cívica.

**cuando llegue al lugar de Emergencia**



## Procedimiento operativo normalizado - PON

### Coordinación vehicular

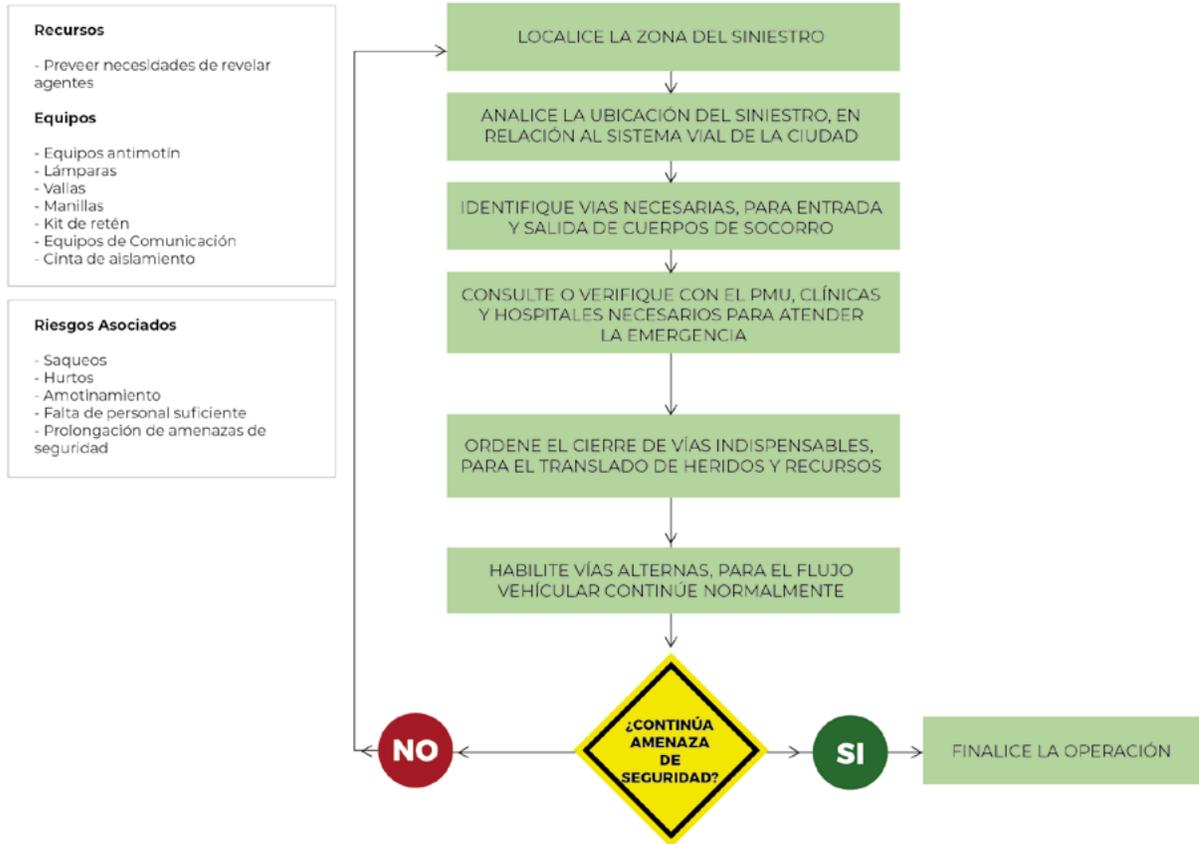
**Objetivo:**

Facilitar la rápida entrada y salida de vehículos de emergencia o de organismos de seguridad.

**Responsables:**

Secretaría de Tránsito y Transporte (Inspección de Policía, Policía Nacional, Policía Cívica, Ejército Nacional y Defensa Civil Colombiana).

**Tan pronto se entere del siniestro**



## Procedimiento operativo normalizado - PON

### Elaboración de Censos

**Objetivo:**

Obtener información, rápida, completa y veráz, de todas aquellas personas afectadas tanto física, como en sus bienes materiales.

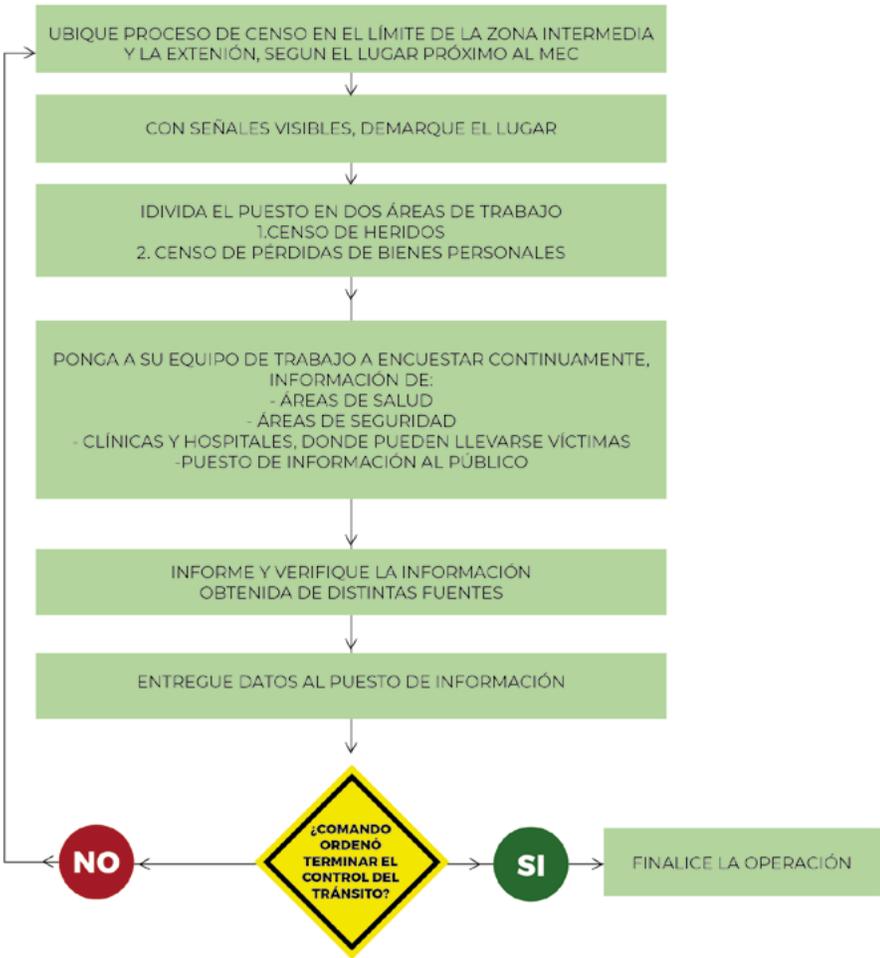
**Responsables:**

Defensa Civil Colombiana, Cuerpo de Bomberos y Cruz Roja.

**Cuando llegue al lugar de la emergencia**

- Recursos**
- Papelería
- Equipos**
- Videocámara o cámara fotográfica
  - Material que identifique censados
  - Equipo de comunicaciones
  - Computador portátil

- Riesgos Asociados**
- Fraude
  - Suplantación
  - Infiltración de no afectados
  - Información incompleta o tardía
  - Distorsión de la información



## Procedimiento operativo normalizado - PON

### Información al Público

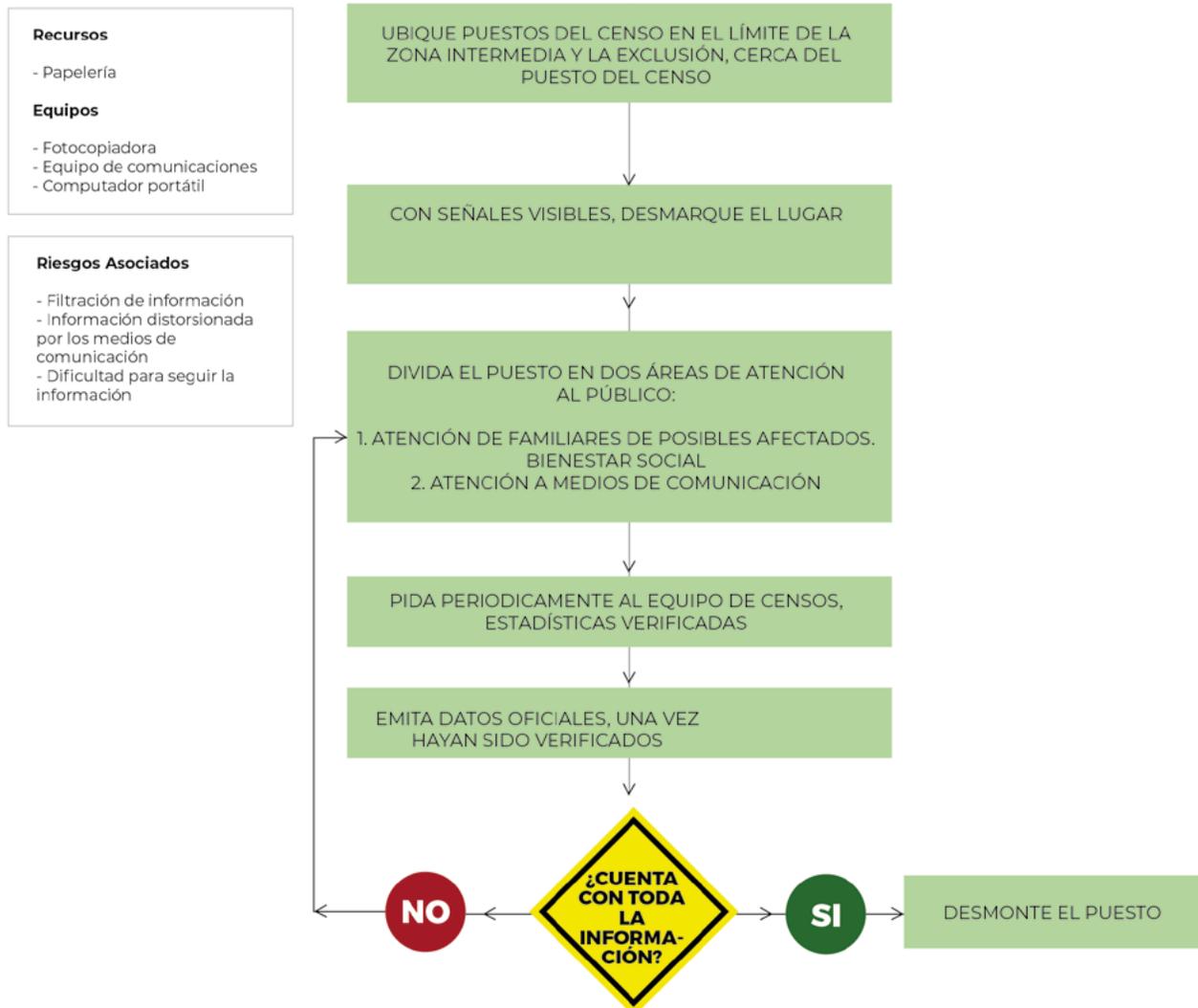
#### Objetivo:

Suministrar la información estadística, verificada a través del equipo de censos, de tal forma, que este puesto sea la fuente oficial para familiares afectados y los medios de comunicación.

#### Responsables:

Grupo de Salvamento Minero.

#### Cuando llegue al lugar de la emergencia



## Procedimiento operativo normalizado - PON

### Búsqueda y rescate

**Objetivo:**

Localizar, acceder, estabilizar, liberar y movilizar inicialmente a las víctimas hasta ubicarlas en el MEC.

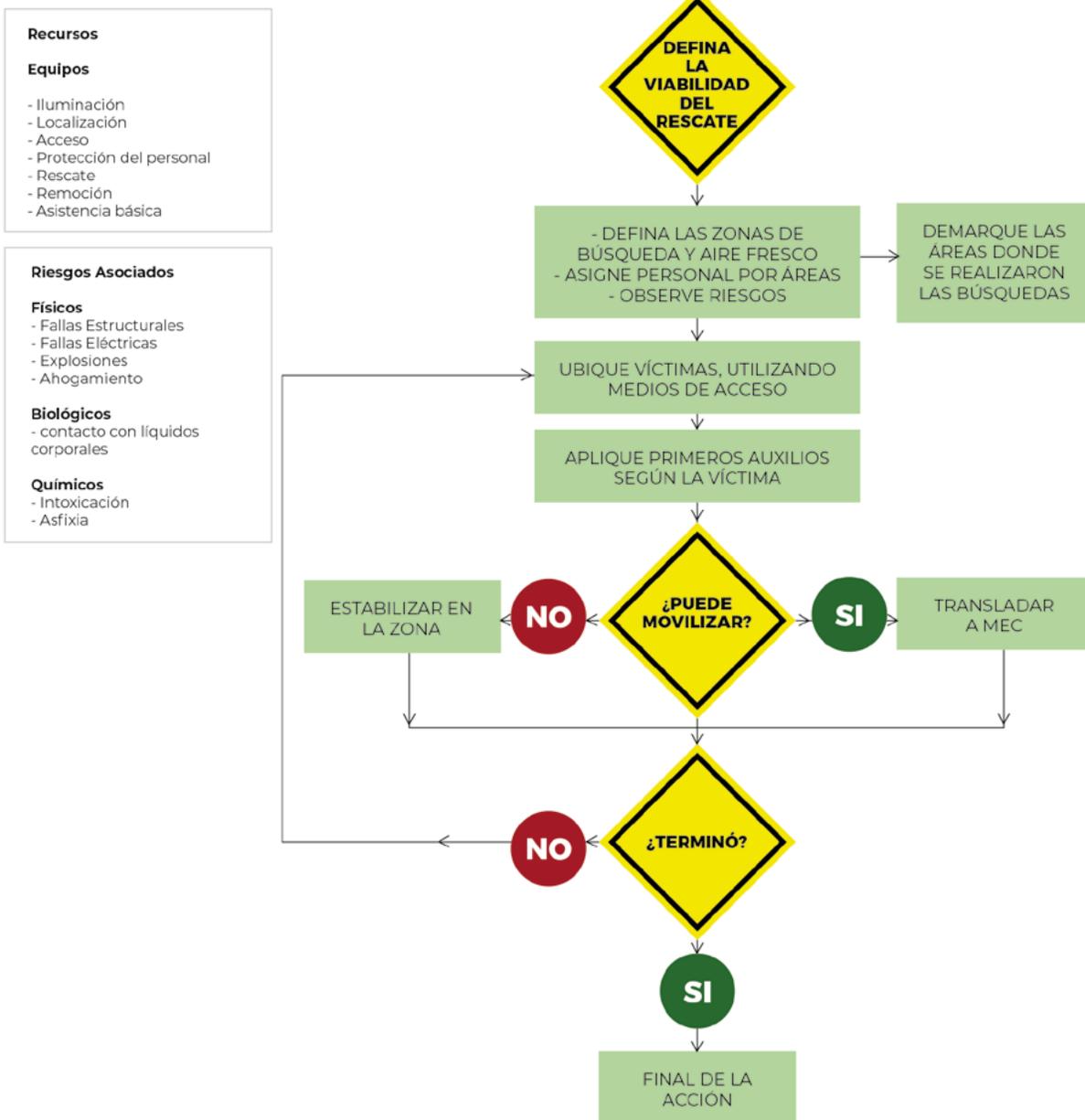
**Responsables:**

Grupo de Salvamento Minero.

**Apoyo:**

Cuerpo de Bomberos, Defensa Civil, Brigada de Emergencias.

**Cuando llegue al lugar de la emergencia**



## **TEST DE RETROALIMENTACIÓN**

1. Describa el flujograma para la atención de una emergencia.
2. Describa las funciones de cada uno de los integrantes de una atención de emergencia.
3. Describa la secuencia para la atención de la emergencia.
4. ¿Qué es un sistema de comando de incidentes SCI?
5. ¿Cuáles son los principios del SCI?
6. Enuncie los 8 pasos para establecer el SCI.
7. Grafique las zonas que componen un SCI.
8. ¿Qué es un proceso operativo normalizado?.
9. Describa el pon para búsqueda y rescate.
10. Describa el pon para ubicación del área de concentración de víctimas ACV.

CAPÍTULO

05



## **GENEROSIDAD**

El Socorredor minero se caracteriza por prestar su ayuda a todos los miembros de la comunidad minera, sin esperar algo a cambio y siempre estará disponible a ofrecer colaboración ante cualquier llamado

**LA ATMÓSFERA MINERA Y EL CONTROL DE GASES (Ventilación)**

## LA ATMÓSFERA MINERA Y EL CONTROL DE GASES (Ventilación)

Uno de los aspectos más importantes durante el desarrollo de las operaciones en minas subterráneas es mantener controlados los gases nocivos, el material particulado y la temperatura que se puedan presentar con el propósito de prevenir accidentes y enfermedades laborales. Lo anterior se logra mediante una adecuada ventilación de la mina y minimizando o controlando la generación de polvo.

La asociación de profesionales del sector minero de Colombia ha elaborado el decálogo de la ventilación, documento muy importante a tener en cuenta para prevenir los accidentes por gases el cual se indica a continuación:

1. Identificación de necesidades o requerimientos de aire para la operación minera.
2. Implementación de ventilación forzada.
3. Implementación de procedimiento para monitoreo de gases y manejo de la ventilación.
4. Registro e interpretación de los datos de las mediciones del monitoreo de gases para prevenir desviaciones de manera proactiva.
5. Plan de manejo del polvo de carbón y material particulado.
6. Requisitos para la operación de ventiladores y su caracterización in situ.
7. Mediciones y aforos del circuito de ventilación para su control y mejora.
8. Definición de roles y

responsabilidades en el personal y sistema de reporte de anomalías en ventilación

9. Requerimientos de capacitación, plan de entrenamiento y plan de emergencias.

10. Recomendaciones generales de obligatorio cumplimiento por TODOS los niveles jerárquicos de la empresa.

### 1. Identificación de necesidades o requerimientos de aire para la operación minera

El operador minero debe garantizar el volumen total de aire, establecido en el Plan de Ventilación, incluyendo un volumen adicional de aire para la dilución del gas metano, gases asfixiantes o contaminantes que se presenten, con el objeto de ventilar adecuadamente los trabajos mineros.

## **2. Implementación de Ventilación forzada**

Toda mina, de acuerdo con el Plan de Ventilación para labores subterráneas, contará con un ventilador principal para asegurar la ventilación forzada, como lo establece el reglamento de seguridad en labores mineras subterráneas. En frentes ciegos se dispondrá de un ventilador con ducto que suministre un caudal suficiente, de manera que la velocidad del aire de retorno sea mayor a 0.5 m/s para lograr un flujo en régimen turbulento.

## **3. Implementación de procedimientos en monitoreo de gases y manejo de la ventilación**

Controlar y monitorear diariamente la calidad del aire al interior de las labores mineras subterráneas, especialmente el oxígeno (O<sub>2</sub>) en % y el gas metano (CH<sub>4</sub>) en % y monóxido de carbono (CO), con un supervisor o técnico capacitado. Para el control de la atmósfera de los frentes de trabajo, se realizarán mediciones al inicio de cada turno de trabajo en frentes ciegos, frentes de explotación, frentes en roca, zonas de falla, especialmente las inversas y en general en aquellos frentes donde laboren el personal. Este control debe hacerse como mínimo con un multidetector de 6 gases (O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO y H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O), debidamente calibrado.

## **4. Registro, interpretación y toma de decisiones con respecto a los datos de las mediciones del monitoreo de gases para prevenir desviaciones de manera proactiva.**

Definición de metodología y mecanismos para análisis de tendencias asociadas a la ventilación (calidad de aire, caudales, humedad relativa, presión, temperatura, presencia de gases, combustión espontánea, entre otras) y la toma de decisiones y protocolos de comunicación.

## **5. Plan de Manejo del polvo de carbón y material particulado**

Tanto para el material particulado como para el polvo fino inflamable de carbón, todas las minas establecerán un plan de manejo, enfatizando en la reducción de producción del polvo con técnicas mejores de arranque, uso efectivo de aspersores y control en puntos de transferencia, uso de filtros en su recolección o neutralización para el control del polvo fino.

## **6. Requisitos para la operación de ventiladores y su caracterización in situ.**

Los ventiladores de minas subterráneas se deben acoger a programas de mantenimiento de acuerdo con especificaciones del fabricante o mínimo de forma semestral, para que funcionen correctamente, en cuanto a variables como caudal y presión, de manera que se lleve a las zonas de trabajo el caudal de aire establecido en el Plan de Ventilación. Esta revisión debe hacerse en el sitio donde se opera el ventilador. Para tal efecto todos los ventiladores, deben tener una hoja de vida para que en ella se anoten los mantenimientos realizados. Cada vez que se realice un mantenimiento debe hacerse la caracterización del ventilador por parte del proveedor o de una entidad nacional que esté certificada para la caracterización de los ventiladores. Se deben garantizar condiciones o estrategias para que los ventiladores principales, en el caso de que ocurra una explosión, queden operativos o pueda ser reemplazado y el circuito de ventilación se reestablezca en minutos.

## **7. Mediciones y aforos del circuito de ventilación para su control y mejora**

Mínimo una vez por semana se deben realizar mediciones de cantidad de aire en las estaciones de aforo definidas en el proyecto minero; a su vez, cada mes se deben hacer mediciones en todo el circuito principal de ventilación, donde para su

control se midan variables como calidad del aire, caudal, gases, temperatura efectiva, humedad relativa, entre otros, para lo cual existirán tableros numerados de ventilación con toda la información. Tales resultados se registrarán en el libro de ventilación de la mina o bitácora de ventilación. En caso de encontrarse variables por fuera de los parámetros establecidos o fuera de la normatividad, inmediatamente se deben tomar los correctivos necesarios para restablecer las condiciones normales de operación del circuito de ventilación.

### **8. Definición de roles y responsabilidades en el personal y sistema de reporte de anomalías en ventilación.**

Todo el personal de la operación minera tanto operativo como de nivel gerencial (incluye todos los niveles organizacionales que tengan relación o vínculo directo o indirecto con labores de ventilación); deben conocer la importancia del control de gases y labores de ventilación, a su vez se deberán capacitar periódicamente, para que puedan cumplir con el conocimiento requerido y exigencias que se requiere en el rol técnico de los trabajos en la sección de ventilación. En igual forma cada cuatro meses o cuando lo requiera el fabricante, el técnico de ventilación de la mina debe enviar para revisión y mantenimiento los equipos para detección de gases, al proveedor, para garantizar calibración y buen desempeño del equipo.

### **9. Requerimientos de capacitación, plan de entrenamiento y plan de emergencias**

Los operadores de minas están obligados a suministrar una capacitación o certificación anual en competencias laborales y modos operatorios a trabajadores que desarrollen labores subterráneas y también a trabajadores que adelanten labores de superficie relacionadas con minería y deben capacitarse ante una entidad competente.

Paratalefecto, anualmente se hará un Plan de Capacitación con un seguimiento mensual, por parte del personal de supervisión en labores de ventilación. Todos los niveles de la organización deben estar capacitados como mínimo en la identificación de riesgos de explosión, valores límites permisibles de gases y protocolos de actuación en el caso de identificar una condición insegura.

Toda mina debe hacer un análisis de vulnerabilidad de los principales riesgos, entre ellos explosiones, atmósferas irrespirables, incendios, en consecuencia, se debe diseñar un plan de emergencias y asignar los recursos para su implementación, capacitar a todos sus trabajadores en los protocolos de evacuación y respuesta a emergencias y contar y entrenar regularmente a la brigada de emergencias

### **10. Recomendaciones generales de obligatorio cumplimiento por TODOS los niveles jerárquicos de la empresa.**

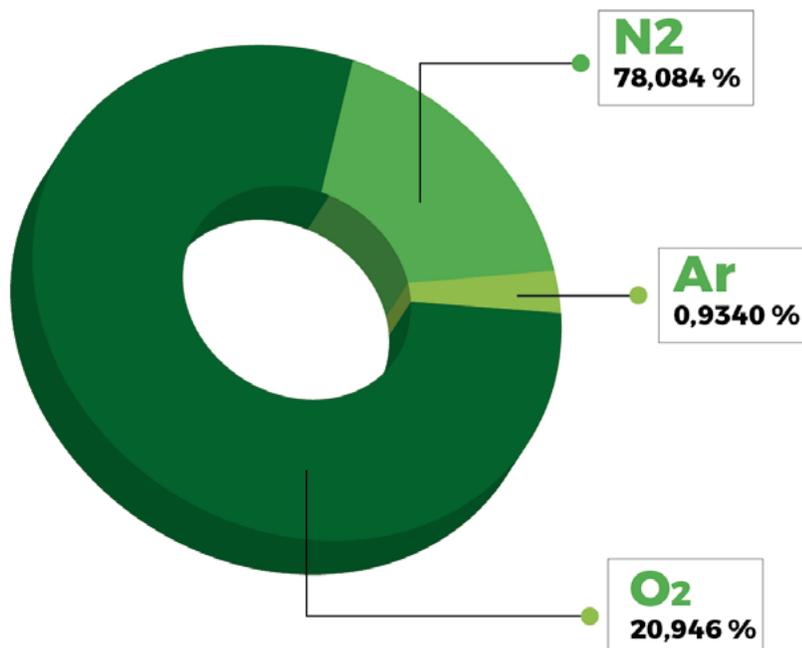
- Se deben implementar reuniones mínimo una vez al mes entre personal técnico, operativo y administrativo, donde se evaluarán temas como:
- Estado de equipos de ventilación y stock de repuestos, entre otros.
- Avances en programa de mantenimiento de vías de ventilación.
- Análisis de variables como temperatura seca, temperatura húmeda, temperatura efectiva, humedad relativa, calidad y cantidad de aire, concentraciones de gases.
- Necesidades del grupo de trabajo o equipo de ventilación.

## 5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ATMÓSFERA MINERA

### 5.1.1 CONTENIDO DE GASES EN EL AIRE

El aire que se respira normalmente y que no genera riesgos para la vida o la salud de las personas contiene oxígeno, nitrógeno como componentes principales y otros gases como componentes en menor grado. En la siguiente figura se muestra la composición del aire en condiciones normales.

Figura 5.1. Contenido de gases en el aire que respiramos



**-Valor límite permisible:** El aire que se encuentra en las minas puede contener gases o polvos nocivos y al ser inhalados pueden afectar directamente la salud y la vida o pueden generar accidentes como explosiones. Existen unos valores relacionados con la cantidad de estos gases o polvos que pueden estar contenidos en el aire y que no son perjudiciales para la vida o la salud y que no ocasionan accidentes, a los que se les llama valores límites permisibles. El contenido de elementos nocivos en el aire se puede medir en porcentaje, partes por millón o en unidad de peso sobre unidad de volumen.

- **Porcentaje (%):** Se refiere a la cantidad de la sustancia que existe en el aire con respecto al 100% de la unidad de medida. Por ejemplo, si se dice que el aire contiene X% de un gas, quiere decir que es el porcentaje del total del volumen de aire existente en el sitio.
- **Partes por millón (ppm):** Quiere decir la cantidad en unidades por cada millón de unidades existentes en el sitio. Por ejemplo, si se dice que tenemos X ppm de un gas, quiere decir que, en un millón de metros cúbicos de aire, tenemos X metros cúbicos de dicho gas.

- **Unidad de peso sobre unidad de volumen (gramos/metro cúbico):** Se refiere a la cantidad de la sustancia medida en peso que existe en un metro cúbico de aire.

También se puede hacer una conversión de porcentaje a partes por millón o viceversa, multiplicando o dividiendo por 10.000 según sea el caso así:

Para pasar porcentaje a partes por millón se multiplica por 10.000 y para pasar de partes por millón a porcentaje se divide por 10.000.

#### Ejemplo:

$$0,5\% \times 10.000 = 5.000 \text{ ppm}$$

$$5.000 \text{ ppm} / 10.000 = 0,5\%.$$

### 5.1.2 CARACTERÍSTICAS Y EFECTOS EN LA SALUD DE LOS GASES QUE SE PUEDAN PRESENTAR EN LAS MINAS

Durante una operación minera se pueden generar diferentes clases de gases y por diferentes causas, ya sea por los equipos que utilizamos, los explosivos, condiciones naturales de los yacimientos, que pueden poner en riesgo la vida y la salud de los trabajadores en muchos casos junto con concentraciones de material particulado en el aire. Según el efecto que puedan generar y su afectación a la vida y salud estos se pueden clasificar de la siguiente forma:

-**Tóxicos:** Normalmente al inhalarlos en concentraciones no permisibles se combinan con la sangre generando un envenenamiento progresivo de la persona. Estos gases se generan principalmente por motores de combustión interna, incendios, uso de explosivos.

- **Explosivos:** Al combinarse con el aire generan una mezcla que se vuelve explosiva ocasionando diferentes tipos de afectación a la persona como traumas, inhalación de otros gases nocivos, quemaduras. Se generan en forma natural principalmente en yacimientos de carbón.

- **Asfixiantes:** Por sus características desplazan el oxígeno que normalmente debería haber en una atmósfera normal para garantizar la respiración de la persona, ocasionando asfixia por la falta de la llegada de oxígeno a los pulmones, se producen por la descomposición de material orgánico en sitios donde la ventilación es deficiente.

- **Polvos:** Material particulado suspendido en el aire generando nube que puede ser explosiva o combustible cuando la concentración está entre 50 y 500 gramos por metros cúbico de aire para el caso del carbón. También pueden ser nocivos generando enfermedades a largo plazo cuando sus concentraciones están por encima de los 0,7 gramos por metro cúbico de aire.

En la siguiente tabla se pueden apreciar las principales características de los gases que se pueden presentar en minas subterráneas.

Tabla 5.1. Principales características de los gases que se presentan en minas subterráneas

NOMBRE	FORMULA	PROPIEDADES FISICAS	EFECTOS NOCIVOS	FUENTES DE ORIGEN EN LOS TRABAJOS MINEROS	FORMAS DE DETECCIÓN	VLP MG/M3	VLP %	VLP PPM
OXIGENO	O <sub>2</sub>	INCOLORO, INODORO, INSABORO	NO TOXICO	AIRE NORMAL	MULTIDETECTORES DE GASES		19,5	
METANO(FRISÚ=AIRE+METANO)	CH <sub>4</sub>	INCOLORO, INODORO, INSABORO	EXPLOSIVO Y ASFIXIANTE	EXTRACTOS, MANTOS DE CARBÓN, VOLADURA DESCOMPISIÓN ORGANICA	MULTIDETECTORES DE GASES		1	
GAS CARBONICO	CO <sub>2</sub>	INCOLORO, INODORO, SABOR A ÁCIDO, IRRITA LA VISTA	ASFIXIANTE EXPLOSIVO	RESPIRACIÓN, EXTRACTOS, VOLADURAS, INCENDIOS	RESPIRACIÓN, MULTIDETECTORES DE GASES		0,5	5000
MONOXIDO DE CARBONO	CO	INCOLORO, INODORO, INSABORO	TOXICO Y EXPLOSIVO	VOLADURAS, INCENDIOS, MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA	MULTIDETECTORES DE GASES		0,0025	25
ACIDO SULFHIDRICO	H <sub>2</sub> S	INCOLORO, OLOR A HUEVO PODRIDO, SABOR ÁCIDO	TOXICO Y EXPLOSIVO	AGUA DE ESTRATOS, BOLSAS DE ESTRATOS, VOLADURA	OLOR, MULTIDETECTORES DE GASES		0,0001	1
OXIDO DE NITROGENO	NO <sub>2</sub> -NO	OLOR IRRITANTE, COLOR PARDO ROJIZO, SABOR AMARGO	TOXICO	USO DE EXPLOSIVOS	OLOR, COLOR, MULTIDETECTORES DE GASES		0,0025	0,2 - 25
ANHODRIDO SULFUROSO	SO <sub>2</sub>	IRRITA NARIZ Y GARGANTA	TOXICO	QUEMA DE CARBÓN, AGUAS SUBTERRÁEAS	RESPIRACIÓN, MULTIDETECTORES DE GASES		-	-
POLVO MINERAL	SiO <sub>2</sub>	POLVO DE CARBÓN PARTICULAS DE SÍLICE	NEUMOCONIOSIS SILICOSIS	PARTUCLAS EN SUSPENSIÓN	PARTICULAS EN SUSPENSIÓN	0,5		0,25

**Nota importante:**

El valor de 19,5% colocado en la tabla relacionado con el oxígeno, se refiere al valor mínimo requerido para que un sitio de trabajo sea considerado apto para trabajar.

Como complemento a la tabla anterior se ha establecido que los gases tienen un peso igual o diferente al aire, aspecto que es muy importante a tener en cuenta cuando hacemos el monitoreo en la mina, al respecto tenemos lo siguiente:

**Gases más livianos que el aire:** El metano (CH<sub>4</sub>), por lo que se debe medir en la parte superior de la excavación minera.

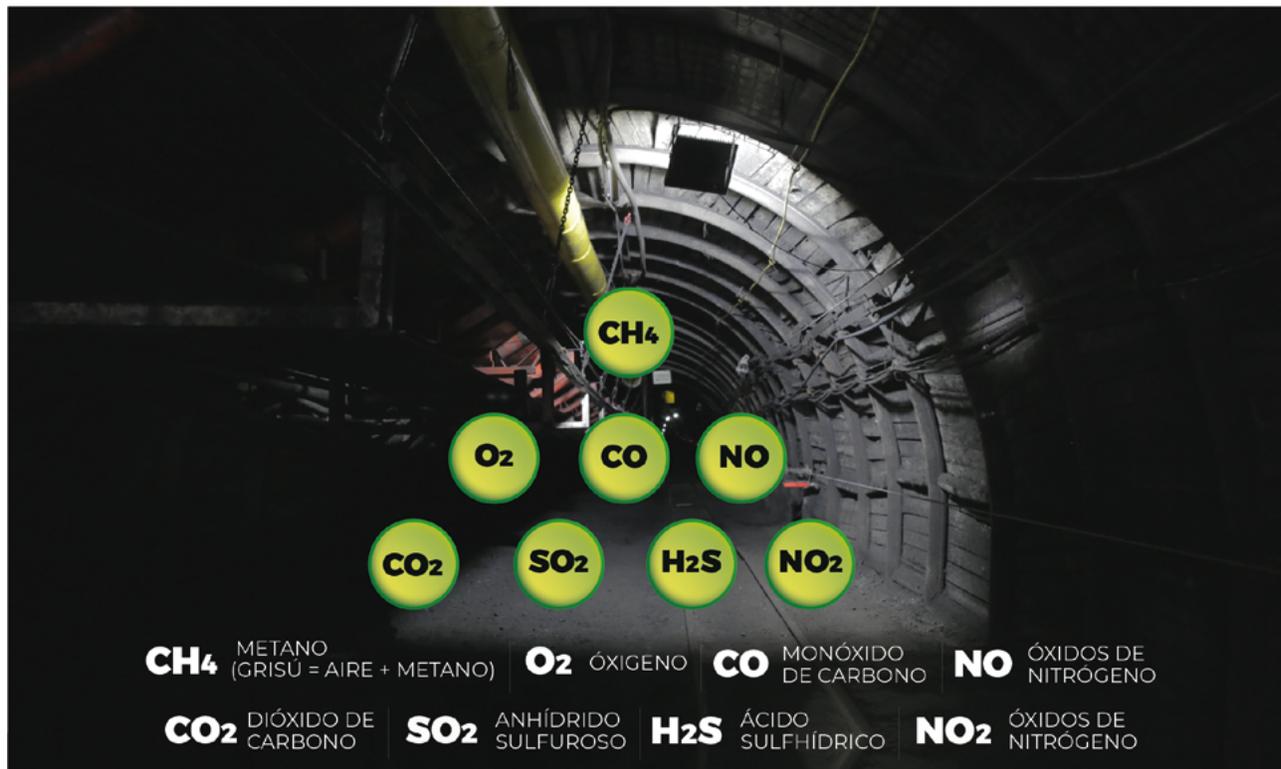
**Gases con peso casi igual al del aire:** Oxígeno (O<sub>2</sub>) y monóxido de carbono (CO), por lo que se deben medir en la parte media de la excavación minera.

**Gases más pesados que el aire:** Ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Óxidos de nitrógeno (NO y NO<sub>2</sub>),

por lo que se deben medir en la parte baja de la excavación minera. En la figura siguiente se ilustra el lugar donde se miden los gases en la mina.



Figura 5.2. Lugar de medición de gases teniendo en cuenta el peso con respecto al aire.



### 5.1.3 TEMPERATURA EN LA MINA

Las condiciones ambientales de trabajo inciden notoriamente en las condiciones de salud de los trabajadores y en su rendimiento, por esta razón es indispensable controlar la temperatura a la que están expuestos para garantizar unas óptimas condiciones de confort térmico.

El aire contiene vapor de agua lo que comúnmente se llama humedad la cual incide directamente en la respiración de las personas, por lo que se hace necesario hacer correcciones para establecer una temperatura efectiva de trabajo, parámetro que se tiene en cuenta para establecer si las condiciones del ambiente de trabajo son óptimas o no.

Para hacer el cálculo de la temperatura efectiva es necesario tener los siguientes datos:

**TH** = Temperatura húmeda en grados centígrados  
**TS** = Temperatura seca en grados centígrados.  
**V** = velocidad del aire en el sitio en metros/segundo

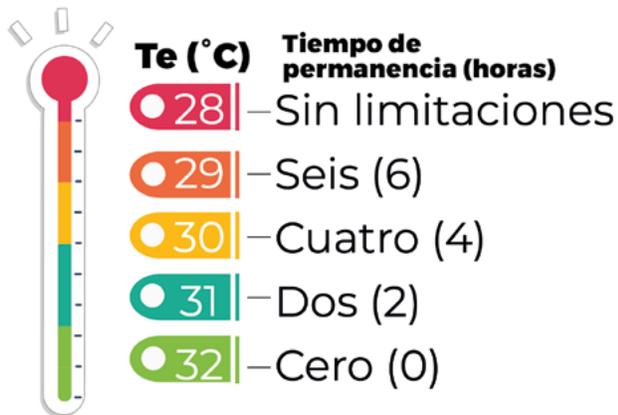
Las temperaturas y la velocidad se miden con un equipo llamado termohigroanemometro, y son los resultados del promedio de varias mediciones hechas en diferentes lugares de la

sección de la vía, ver figura 5.3.

El cálculo de la temperatura efectiva (TE) se realiza así:

$$TE = 0,7xTH + 0,3xTS - V.$$

Dependiendo de la temperatura efectiva se puede establecer si las condiciones de trabajo en la mina son adecuadas para el trabajador, en la siguiente tabla se aprecian los tiempos de permanencia en el frente de trabajo según la TE.



**Nota importante:** cuando la temperatura efectiva es superior a 31 °C, al sitio solamente puede ingresar personal de salvamento minero debidamente entrenado

## 5.2 CONTROL DE LA ATMÓSFERA MINERA (VENTILACIÓN)

Una Mina en operación genera diferentes elementos nocivos y muchos de ellos se mezclan con el aire que se respira afectando las condiciones de salud y seguridad de las personas. Dentro de los servicios que se tienen establecidos para una mina es el de VENTILACIÓN, servicio que permite limpiar el aire para garantizar óptimas condiciones de seguridad y salud.

### 5.2.1 PRINCIPIOS GENERALES DE VENTILACIÓN

Como principios fundamentales a tener en cuenta para suministrar la ventilación necesaria a la mina se tiene:

- Asegurar un contenido de oxígeno dentro de los valores límites permisibles.
- Diluir los gases que presentan riesgo tanto para la salud como para la seguridad y asegurar que se encuentren dentro de los valores límites permisibles
- Mantener el confort térmico para no poner en riesgo la salud de los trabajadores.
- Controlar la temperatura efectiva.
- Controlar las partículas en suspensión en el aire como polvo de carbón o polvos de sílice para asegurar que estén dentro de los valores límites permisibles.

### 5.2.2 PARÁMETROS A TENER EN CUENTA PARA EL CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE AIRE QUE DEBE INGRESAR A LA MINA

La cantidad de aire también se denomina caudal de aire y se define como la unidad de volumen de aire que circula por un punto en determinado tiempo. Normalmente se utiliza las unidades m<sup>3</sup> / min, Por ejemplo 6 m<sup>3</sup> / min, quiere decir que en un minuto pasan 6 metros cúbicos de aire en un sitio determinado. El cálculo del caudal se hace teniendo en cuenta el área de la sección de la mina en el punto que se va a hacer la medición y la velocidad del aire que pasa por el mismo lugar mediante la siguiente fórmula:

$$Q = V \times A \text{ dónde:}$$

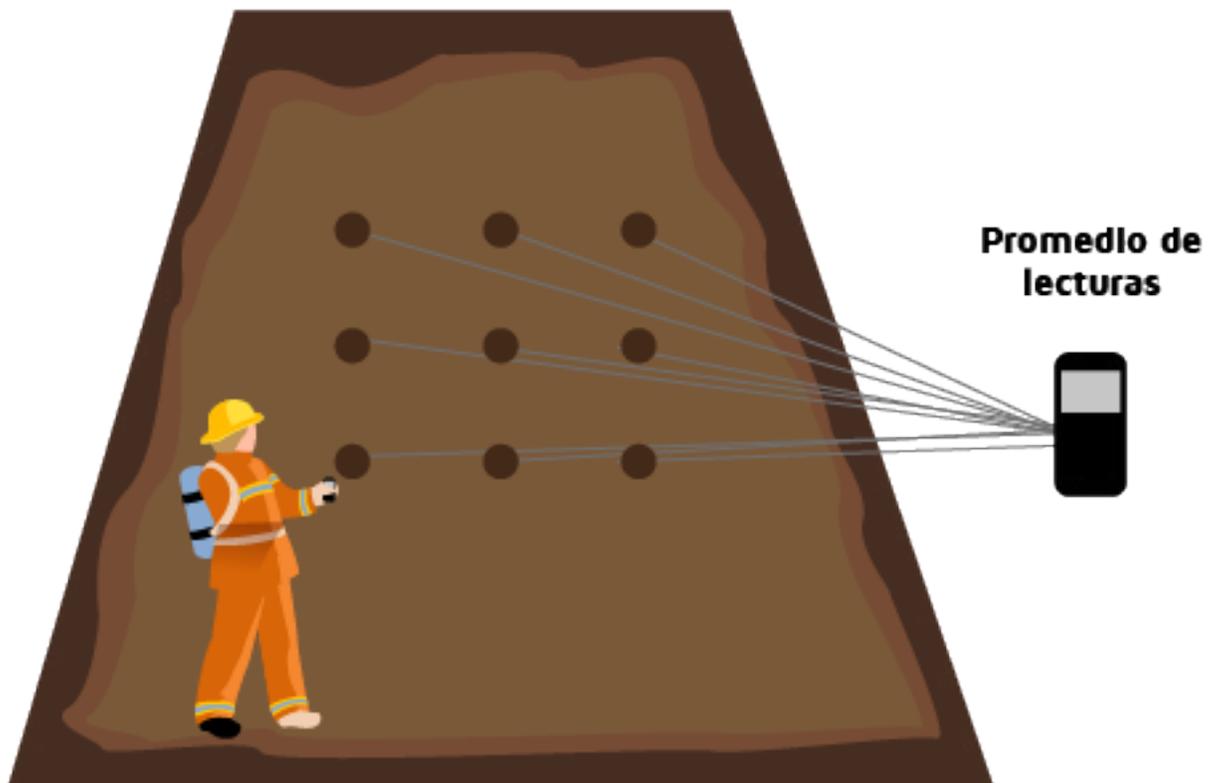
**V** = Velocidad del aire en metros/minuto (Se mide con el termohigroanemometro equipo que se describe en el capítulo 6 de este manual).

**A** = Área de la sección de la mina donde se hace la medición de la velocidad. (Se puede medir directamente con flexómetro o con la ayuda de topografía, se debe tener en cuenta la forma de la sección)

*Figura 5.3. Ilustración para medir la velocidad del aire y la temperatura en la mina*

## Toma de lectura con termohigrómetro

103



Para calcular el caudal de aire necesario para la mina es necesario tener en cuenta la suma  $A+B+C+D+E+F$  en los siguientes parámetros:

### **A, Cantidad de aire necesario para las personas dentro de la mina**

En este aspecto es necesario tener en cuenta el número máximo que se llegare a encontrar al interior de la mina y la altura en la cual se encuentra la mina con respecto al nivel del mar, de la siguiente manera:

- Minas que se encuentren hasta 1.500 metros sobre el nivel del mar requieren 3 m<sup>3</sup>/ minuto por cada trabajador que se encuentra dentro de la mina y
- Las minas que se encuentran a una altura superior a 1.500 metros sobre el nivel del mar requieren 6 m<sup>3</sup>/minuto por cada trabajador que se encuentra dentro de la mina.

### B. Cantidad de aire para remover los gases producidos por las máquinas con motores diésel.

Para determinar la cantidad de aire necesaria se procede de la siguiente manera:

- Seis metros cúbicos (6 m<sup>3</sup>) por minuto por cada caballo de potencia (H.P) de la máquina, cuando contenido de monóxido carbono en los gases del tubo del exosto no sea superior a doce por ciento (0,12%); o mil doscientas (1.200) partes por millón ppm; y
- Cuatro metros cúbicos (4 m<sup>3</sup>) por minuto por cada caballo de potencia (H.P) de la máquina, cuando el contenido de monóxido carbono (CO) en los tubos del exosto no sea superior a ocho por ciento (0,08%), u ochocientas (800) partes por millón ppm.

### C. Cantidad de aire para remover gases producto de las voladuras.

Para remover estos gases se debe tener en cuenta la clase de explosivo, la cantidad de explosivo por voladura y el tiempo que se espera para que se diluyen los gases en forma natural, para lo que se aplica la siguiente fórmula:

$$Q = 100 \times A \times a / 0,008 \times t \text{ donde:}$$

**Q** = Caudal de aire

**A** = Cantidad de explosivo

**a** = Cantidad de gases que genera el explosivo utilizado ( lo da el fabricante del explosivo)

**t** = Tiempo de espera para que se diluyan los gases en forma natural (algunos investigadores recomiendan tomarlo como 30 minutos)

### D. Cantidad de aire para diluir metano.

Se debe tener en cuenta para aquellas minas donde se ha detectado metano y especialmente en minas de carbón. Para el cálculo se emplea la siguiente fórmula:

$$Q = 100 \times q / 24 \times 60 \times p \text{ donde:}$$

**Q** = Cantidad de aire necesaria para diluir el metano que se produce diariamente.

**q** = Volumen de metano que se desprende en la mina en 24 horas, lo cual está relacionado directamente con la máxima producción diaria y el desprendimiento calculado por tonelada de metano.

**P** = Norma del contenido máximo permisible en la atmósfera que para Colombia es el 1% según decreto 1886 de 2015.

### E. Cantidad de aire para remover material particulado en suspensión.

Para prevenir enfermedades respiratorias y otros eventos que puedan afectar la vida y la salud de los trabajadores, es necesario

remover el material particulado. Para el cálculo se emplea la siguiente fórmula:

$$Q = Vm \times Aml \text{ donde:}$$

**Q** = cantidad de aire necesario para remover el material particulado.

**Vm** = Velocidad media de la corriente de aire en minas según lo indica el decreto 1886 de 2015.

**Aml** = área máxima libre de la vía.

#### F. Cantidad de aire para diluir otros gases contaminantes.

105

Se refiere a los gases que se generan en menor proporción y que contamina la atmosfera por ejemplo el CO<sub>2</sub> que generamos cuando respiramos entre otros. Para el cálculo se emplea la siguiente fórmula:

$$Q = 0,23 \times Sdpe \text{ donde:}$$

**Q** = Caudal necesario para remover otros gases contaminantes.

**Sdpe** = La sumatoria de cada una de las secciones de los frentes de desarrollo, preparación y explotación activos.

Es importante también en cuenta resistencia al flujo del aire lo cual depende del material que existe en las paredes de la mina y la forma geométrica de la mina, la forma de la sección de la mina, la humedad relativa entre otros. Si requiere información detallada al respecto puede consultar textos sobre los cálculos de los ventiladores.

### 5.2.3 CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA MINAS GRISUTUOSAS

Dependiendo de las condiciones de formación de los minerales y especialmente en las del carbón que es de origen orgánico, se presentan contenido de metano en las formaciones rocosas siendo un gas que al mezclarse con el aire se vuelve altamente explosivo. El decreto 1886 ha considerado el riesgo de explosiones de metano ha clasificado las minas según las concentraciones de ese gas tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5.3. clasificación de las minas según las concentraciones de Metano.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
I. Minas o frentes de trabajo no grisutuosos.	Son aquellas labores o excavaciones subterráneas para las cuales la concentración de metano en cualquier sitio de la mina no alcanza al cero por ciento (0%).
II. Minas o frentes débilmente grisutuosos.	Son aquellas labores o excavaciones subterráneas para las cuales la concentración de metano en cualquier sitio de la mina sea igual o inferior a cero coma tres por ciento (0,3%).
III. Minas o frentes fuertemente grisutuosos.	Son aquellas labores o excavaciones subterráneas para las cuales la concentración de metano en cualquier sitio de la mina sea superior a cero coma tres por ciento (0,3%).

**- Medición de concentraciones de metano**

- En las Minas clasificadas en la categoría I: Se debe controlar antes del inicio del turno y de una voladura.
- En las Minas clasificadas en la categoría II: Se debe controlar antes de iniciar cada turno, cada dos horas durante el turno y antes de realizar una voladura.
- En minas clasificadas en la categoría III: Se debe controlar antes de iniciar cada turno, y en forma permanente y continua en todos los frentes de trabajo, en los sitios donde haya equipos en las vías principales de transporte, en las vías de tránsito de personal, en sitios donde haya comunicaciones con zonas inactivas y cerca a los tabiques que se usan para aislar incendios.

Cuando la concentración de metano supere el 1% en los frentes de explotación o avance, en los retornos principales de aire o supere el 1,5% en el retorno de aire de tajos, en el retorno de aire de los frentes de desarrollo y preparación, se deben suspender todas las actividades y evacuar a todo el personal en forma inmediata. El regreso a dichas

labores solo se hará hasta cuando se tenga controlada la situación y esté autorizado por el supervisor o jefe de la mina.

**- Estudio geológico**

En las minas subterráneas de carbón se debe realizar los estudios necesarios para determinar concentraciones de metano en los mantos de carbón a explotar. Estas concentraciones deben ser tenidas en cuenta cuando se establezcan las necesidades de aire para la mina e incluirlas en los respectivos cálculos del ventilador.

**- Análisis de riesgo**

En el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo se debe incluir un plan de gestión de riesgo por metano el cual debe incluir todas las medidas específicas para prevenir la ocurrencia de un accidente por explosión de metano.

### 5.2.4 ASPECTOS GENERALES SOBRE EL CONTROL DE LA ATMÓSFERA MINERA.

- Todo el equipo utilizado para realizar las mediciones debe estar debidamente calibrado y certificado por entidad o persona autorizada, los documentos soporte deben ser archivados.
- Se debe asegurar que las personas que utilizan los equipos están capacitados y entrenados.
- Se debe asegurar que se ha designado una persona responsable para el control de la ventilación en cada turno y en cada área de la mina según su tamaño.
- Toda Mina debe contar con una entrada y salida de aire independientes.
- Se debe realizar el mantenimiento preventivo tanto a las vías como a los equipos utilizados en la ventilación.
- Cuando se suspenda el servicio de ventilación a la mina por falta de energía, se debe evacuar inmediatamente a todo el personal, el regreso se autoriza una vez que se haya superado tal situación y se haya verificado que las concentraciones de gases están dentro de los valores límites permisibles.
- Ubicar en los lugares que se considere apropiado los puntos de aforo de ventilación donde se deben hacer mediciones de material particulado, gases, temperatura y caudal de aire.
- Registrar las mediciones de gases y hacerlas visibles en lugares estratégicos de la mina mediante tableros de control. Una sugerencia para el diseño de estos tableros se muestra en la siguiente figura.

**Tabla 5.4. Tablero para control de gases en la Mina.**

FECHA:		RESULTADOS DE MEDICIÓN			
TIPO DE GAS	VLP (VALOR LÍMITE PERMISIBLE)	LUGAR:	LUGAR:	LUGAR:	LUGAR:
		HORA:	HORA:	HORA:	HORA:
OXÍGENO	≥19,50%				
CO (MONOXIDO CARBONO)	25 ppm				
CO <sub>2</sub> (DIÓXIDO DE CARBONO)	0,50%				
CH <sub>4</sub> (METANO)	1%				
NO (ÓXIGENO NÍTRICO)	25 ppm				
NO <sub>2</sub> (DIOXIDO DE NÍTROGENO)	0,2				
SO <sub>2</sub> (ANHÍDRIDO SULFUROSO)	-				
H <sub>2</sub> S (ACIDO SULFHIDRICO)	1 ppm				
NOMBRES RESPONSABLES DE MEDICIÓN:		FIRMA:			

### 5.2.5 SISTEMAS DE VENTILACIÓN

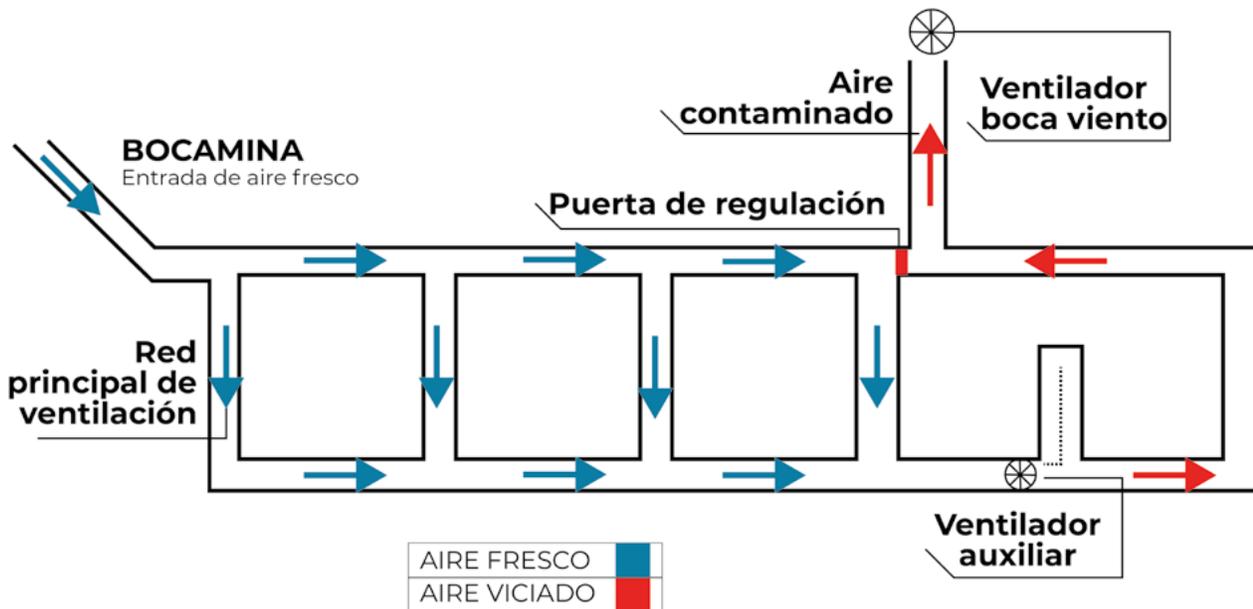
Una mina puede ser ventilada en forma natural y mediante ventilación forzada por medio de ventiladores.

- **Ventilación Natural:** Se basa en la diferencia de presiones que se generan en forma natural entre la entrada y la salida del aire, no se utiliza ningún medio mecánico en este caso. En Colombia este sistema se encuentra PROHIBIDO según el Decreto 1886 de 2015.

- **Ventilación Forzada:** Para este sistema se requiere de un ventilador cuyas especificaciones técnicas dependen de las condiciones de la mina, las cuales se establecen teniendo en cuenta los parámetros enunciados en el numeral 5.2.2, con la instalación del ventilador se genera la red principal de ventilación de la mina.

- **Ventilación auxiliar o secundaria:** Utilizada para ventilar los frentes ciegos en la mina donde no es suficiente diluir los elementos nocivos para garantizar la seguridad de los trabajadores, se usan ventiladores auxiliares.

Figura 5.4. Esquema general del circuito de ventilación de una Mina



## 5.2.6 CLASES DE VENTILADORES Y DUCTOS

Dependiendo de las características propias de la mina se pueden utilizar los siguientes tipos de ventiladores:

- **Ventilador Axial:** Se recomienda para minas con situaciones de alto volumen de aire y baja presión.
- **Ventilador Centrifugo:** Se recomienda para minas con situaciones de bajo volumen de aire y alta presión.

Figura 5.5. Clases de ventiladores más usados en Minas



109

-**Ductos de ventilación:** Son los elementos que se utilizan para llevar el aire a la mina, deben ser hechos de material resistente, flexible, de materiales que garanticen la seguridad de la mina.

Figura 5.6. Ductos para ventilación de Minas



tomada de internet  
<https://www.definicion.xyz/2017/10/ventilacion-de-minas.html>

**NOTA IMPORTANTE:** Todos los equipos y materiales utilizados en la mina deben tener descarga a tierra para prevenir la acumulación de energías estáticas las cuales pueden generar accidentes.

### 5.2.7 PLAN DE VENTILACIÓN

De acuerdo con lo indicado en el Decreto 1886 de 2015, toda mina debe elaborar e implementar un plan de ventilación como herramienta fundamental para la prevención de accidentes.

Este plan de ventilación debe ser elaborado e implementado de acuerdo con los siguientes lineamientos:

- Nombre de la mina o labor subterránea, nombre de la empresa y nombre de la persona responsable del plan de ventilación.
- Persona o personas autorizadas para supervisar las siguientes actividades: inertización de la mina cuando sea el caso, suspensión de la ventilación, mantenimiento, reparación, actividades de prevención y las actividades contempladas en el artículo 45 y el parágrafo 4 del artículo 46 del decreto 1886 de 2015.
- Las ubicaciones en plano y las condiciones operativas de los ventiladores.
- La ubicación de los puntos de aforo donde se realizarán las mediciones de material particulado, gases explosivos y tóxicos, temperatura y caudal de aire.
- La ubicación de los dispositivos de ventilación, tales como reguladores o puertas reguladoras y conectores utilizados para controlar el movimiento del aire hacia áreas explotadas.
- La ubicación y la secuencia de construcción de los sellos propuestos para cada área.
- La ubicación de los ventiladores auxiliares cuando se requiere una

cantidad mínima de aire en un frente de trabajo.

- El nivel de ambiente en partes por millón de monóxido de carbono, oxígeno y metano, en todos los puntos donde se realice monitoreo continuo.
- Protocolo de mantenimiento de los ventiladores.
- Registro de las capacitaciones realizadas al personal minero relacionadas con el tema de ventilación.

### TEST DE RETROALIMENTACION

1. ¿Cuáles son los objetivos de la ventilación en una mina?
2. ¿Porqué es necesario llevar un registro y control permanente de los diferentes gases y polvo, presentes en la mina?
3. Si una mina de carbón es clasificada en la categoría III como altamente grisutuosa, describa que medidas de prevención deben ser implementadas.
4. Indique cual es el valor límite permisible en minas subterráneas de los siguientes gases: Metano, Monóxido de carbono, dióxido de carbono y anhídrido sulfuroso.
5. ¿En donde se localizan los diferentes gases respecto a la sección de una vía?

# CAPÍTULO

# 06



## **IGUALDAD**

El Socorredor Minero debe prestar los servicios que se le han encomendado a todos los miembros de la sociedad minera que tengan derecho a recibirlos, sin importar su origen étnico o nacional, sexo, edad o discapacidad, condición social o económica, condiciones de salud, embarazo, lengua, religión, opiniones, preferencias sexuales, estado civil o cualquier otra.

**EQUIPOS UTILIZADOS EN  
SALVAMENTO MINERO**

**112 6. EQUIPOS UTILIZADOS EN SALVAMENTO MINERO**

**6.1. PSS BG4- PLUS**

Aunque existen muchas clases de equipos de respiración autónoma de circuito cerrado de oxígeno disponibles en el mercado, el modelo usado en el momento por el Grupo de Seguridad y Salvamento Minero en Colombia corresponde al Dräger PSS BG4 Plus, de fabricación alemana.

**6.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL**

El PSSBG4 Plus es un equipo de respiración autónomo de circuito cerrado, de oxígeno comprimido en el que el aire exhalado es parcialmente respirado de nuevo por el usuario luego de que la concentración de dióxido de carbono ha sido reducida totalmente y la concentración de oxígeno ha sido enriquecida; la presión positiva en todo el circuito evita la entrada de contaminantes de la atmósfera circundante. Véase Figura 6.1.1



Fuente: Consultores

El aire respirable circula en un circuito cerrado, el absorbedor de CO<sub>2</sub> absorbe el dióxido de carbono contenido en el aire exhalado; el aire es enriquecido con oxígeno desde la botella de oxígeno, la manguera azul de dosificación constante que se desprende del manorreductor de presión, la activación de la válvula de mínimos que mantiene oxígeno en la bolsa o cunado se activa manualmente la válvula de adición (by pass); antes de que el aire regenerado sea inspirado de nuevo, fluye por las paredes del cooler (el cual es llenado con hielo).

El PSS BG<sub>4</sub>- PLUS se une a la máscara con un conector de respiración el cual cuenta con un depósito (salivero) para recoger Los fluidos (sudor y saliva) producida por el usuario, además posee la válvula de drenaje que se conecta a la bolsa respiratoria en la cual se depositan los fluidos generados por la condensación y es expulsada a través de la misma válvula.

El PSS BG<sub>4</sub> PLUS cuenta con un sistema de vigilancia electrónica, consistente en un sensor, una caja de conmutación y el Body Guard II que:

- Mide la presión de oxígeno disponible en la botella
- Indica el tiempo residual en minutos
- Contiene el sensor de movimiento (ADSU = dispositivo automático de señal de emergencia), que se activa cuando ha sido retirada la llave (Tally); el Bodyguard da alarma cuando no detecta movimiento del usuario y da alarma sonora y visual (led) continua para poder ubicarlo.
- Contiene el botón de pánico, señal de emergencia que se puede activar manualmente
- Indica la capacidad de carga de la batería — iluminación de fondo
- Posee alarma de presión residual, la cual se activa cuando la presión de botella alcanza los 55 bar y le indica al usuario que se ha consumido el 75% y cuando la presión de botella alcanza los 10 bar que indica al usuario que se ha consumido el 95%.
- Indica la temperatura ambiental
- Activa la alarma de baja presión, la cual indica que el grifo de la botella está cerrado o que la botella de oxígeno está vacía.
- Realiza la secuencia de autocomprobación (automática)
- Realiza la prueba de estanqueidad de alta presión

## DATOS TÉCNICOS

**TABLA 6.1. DATOS TÉCNICOS PSS BG<sub>4</sub> - PLUS**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PSS BG <sub>4</sub> PLUS	
CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Tiempo de uso Con temperatura hasta de 40° C	4 Horas continuas a 30 l/min
Peso listo para usarse	15,5 Kg incluyendo máscara, cilindro, canister 1,2 Kg de hielo
Dimensiones (Longitud*Ancho*Profundidad)	595*450*185 mm
Flujo constante de oxígeno	1,5 a 1,9 l/min O <sub>2</sub>
Válvula de mínimo	> 80 l/min O <sub>2</sub>
Volumen de la bolsa de respiración	5,5 l
Válvula de paso	> 50 l/min
Temperatura de operación	— 40° C a 90° C

## 6.1.2 PARTES DEL EQUIPO

El PSS BG4 PLUS está compuesto por cuatro sistemas principales:

- 1- Sistema neumático
- 2- Lazo de respiración
- 3- Body guard II
- 4- Carcaza y arnés

### 6.1.2.1 SISTEMA NEUMÁTICO

114

El sistema neumático es el encargado de la distribución del oxígeno a lo largo de las líneas de entrega del O<sub>2</sub> y está conformado por:

- 1- Cilindro de O<sub>2</sub>
- 2- Reductor de presión
- 3- Válvula de mínimos
- 4- Líneas de entrega de O<sub>2</sub>
  - Amarilla presión media
  - Azul- dosificación constante
  - Transparente- by pass



## El cilindro de O<sub>2</sub>

Está construido en Aluminio con fibra de carbono con revestimiento de acero de alta resistencia, llenado a una presión de 210 bar y proporciona 440 litros de oxígeno médico (con 99,5% de pureza). Cuenta con una válvula instalada en el cuello del cilindro, permitiendo que el usuario abra y cierre el cilindro cuando lo necesite. Al abrir la válvula, el oxígeno fluirá desde el cilindro hasta el reductor de presión. Una vez que el cilindro esté conectado (apretado a mano) al reductor de presión, se fija un dispositivo anti-vibración a las ranuras en la manija de la perilla de ajuste. Esto impedirá que el cilindro y el reductor de presión se desajusten durante la operación.



115

## El reductor de presión de O<sub>2</sub>

Está ubicado en la esquina inferior derecha del PSS BG4 PLUS y reduce la alta presión a baja presión antes de entrar al circuito de respiración, suministrándolo a los siguientes componentes:

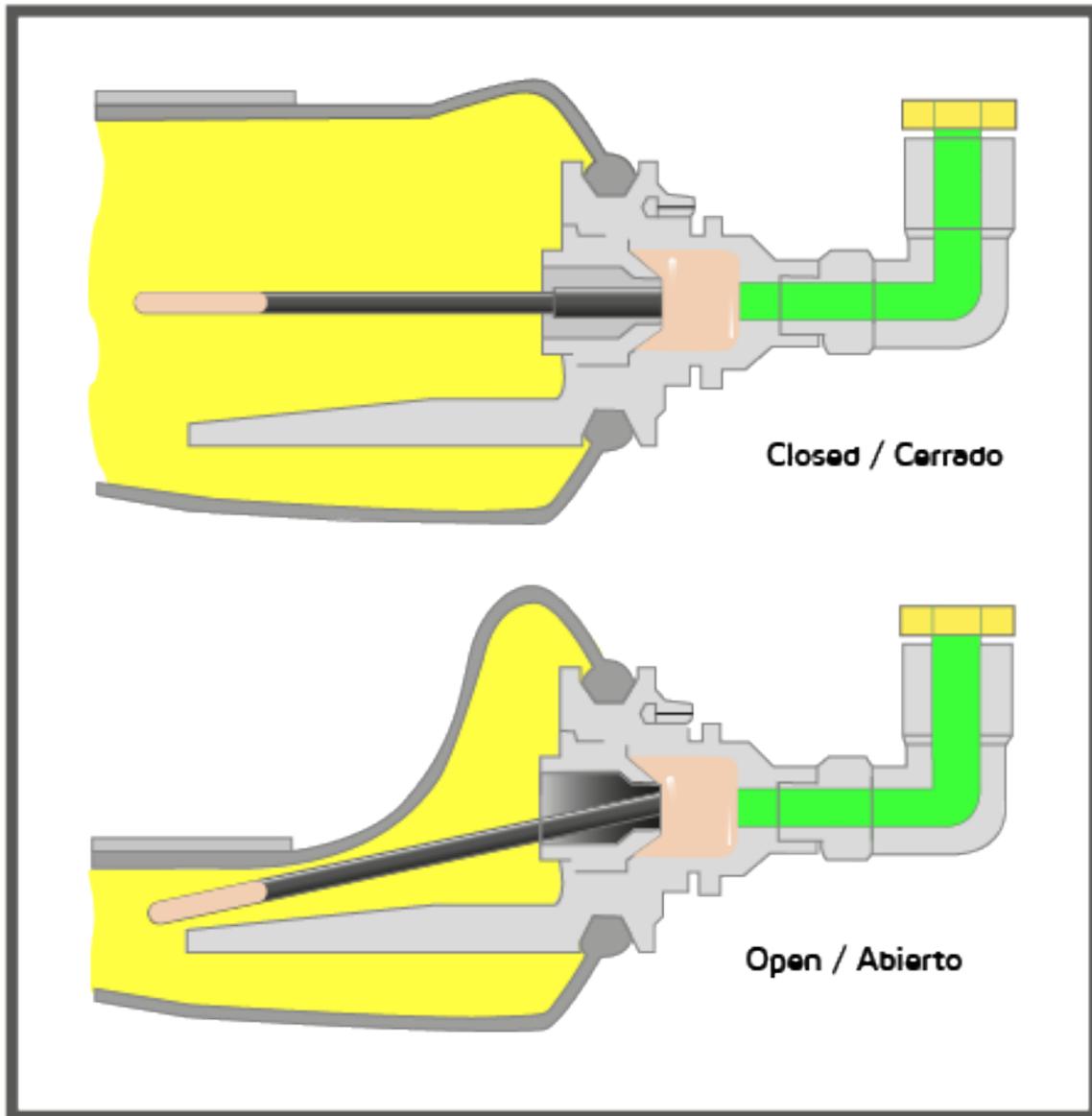


- Válvula de mínimo
- Cooler (refrigerador)
- Transductor de presión

## La Válvula Mínimo

Está fabricada de acero inoxidable anodizado. Su función es garantizar que el oxígeno va a fluir en la bolsa de respiración en la puesta en marcha y si la bolsa de respiración colapsa. Se Activa entre 0,1 y 2,5 mbar de presión interna del lazo respiratorio. Provee Aproximadamente: 80 L/min de flujo. El brazo de activación de la válvula de mínimos se encuentra dentro del lazo de respiración.

### La Válvula Mínimo



### Líneas de entrega de oxígeno

Son un conjunto de conductos amarillos, azules y transparentes que llevan el oxígeno del reductor de presión a varios componentes del El PSS BG4 PLUS.

Un conducto amarillo de presión media de oxígeno conecta la válvula de mínimo ubicada en la bolsa de respiración con la válvula reguladora de presión.

El enfriador del aire está conectado al reductor de presión de oxígeno a través de un orificio dosificador mediante una línea de azul de presión media de oxígeno.

Un ramal de la línea de presión media de oxígeno, conecta por un lado de la presión baja los circuitos electrónicos con los sistemas neumáticos.

## 6.1.2 LAZO DE RESPIRACIÓN

En el PSS BG4 PLUS el aire es inhalado y exhalado dentro de un circuito cerrado de respiración. El dióxido de carbono es retenido del aire exhalado por el absorbedor de gas carbónico. El aire inhalado es refrigerado por el enfriador y enriquecido con oxígeno. El sistema de respiración tiene los siguientes componentes:



3. Válvula de mínimo

5. Máscara

6. Manguera de inhalación

7. Manguera de exhalación

8. Conector de respiración

9. Absorbedor de CO<sub>2</sub>

10. Válvula de alivio (sobre presión)

11. Bolsa respiratoria (válvula de drenaje)

12. Enfriador

### MÁSCARA FPS 7000 RP

La máscara FPS 7000 RP, es un componente del PSS BG4 Plus, permite la conexión entre el usuario y el equipo de protección respiratoria. Garantizando el intercambio gaseoso en la respiración y exhalación entre el usuario y el equipo. Cuenta con características en su diseño, que permite una hermeticidad, impidiendo que componentes externos de la atmósfera ingresen al sistema de respiración del socorredor.

*Tabla 6.2. Características máscara fps 7000 RP*



Componentes	MascaraF PS 7000 RP
<b>1.</b> Tafilete oa talaje	
<b>2.</b> Marcod es ujecións uperior	
<b>3.</b> Visor	
<b>4.</b> Limpiaparabrisas ow imper	
<b>5.</b> Máscarai nterior	
<b>6.</b> Marcod es ujecióni nferior.	
<b>7.</b> Botónp arar etirar línea respiratoria	
<b>8.</b> Botón giratorio	
<b>9.</b> Tapa de la válvulab oquilla	
<b>10.</b> Válvulap arab oquilla	
<b>11.</b> Tapa	
<b>12.</b> Cuerpo de la máscara	
<b>13.</b> Arnés de transporte para el cuello	
<b>14.</b> Hebillad eslizante	



## MANGUERAS DE INHALACIÓN Y EXHALACIÓN

Son mangueras corrugadas flexibles e idénticas y fácil de removerlas del PSS BG4 PLUS, están construidas de EPDM; la manguera de exhalación va conectada al absorbedor mediante un conector corto y la manguera de inhalación va conectada al enfriador del aire "Cooler", mediante un conector largo.

## CONECTOR DE RESPIRACIÓN

La máscara va unida a las mangueras de respiración mediante el conector de respiración el cual tiene demarcado el sentido del flujo del aire. El conector está conformado por un conector, una válvula de inhalación, una válvula de exhalación y el cuerpo del conector. Las válvulas de inhalación y exhalación tienen diferentes diámetros para que no puedan ser confundidas.



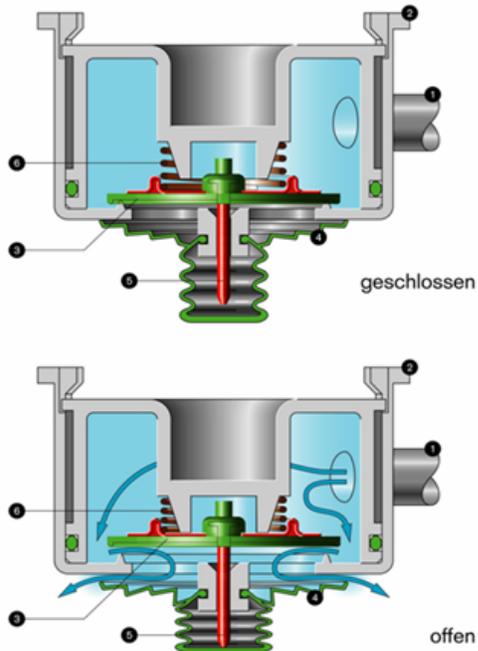
119

## ABSORBEDOR DIÓXIDO DE CARBONO CO<sub>2</sub>, O CANISTER

Recipiente fabricado en polímero de baja densidad, cuya función es contener la sustancia que realiza la separación del gas Carbónico CO<sub>2</sub> y El Oxígeno O<sub>2</sub>. Tiene una duración de 4 a 24 horas, Puede venir recargable o de un solo uso. El equipo contiene Dragorsorb 400 cal sodada (contiene hidróxido de calcio)



El absorbedor está diseñado para ser removido fácilmente del PSSBG4 Plus y además para realizarle un mantenimiento sencillo.



### VÁLVULA DE ALIVIO (Sobre presión)

La válvula de alivio de sobrepresión del BG4 PLUS deja salir el exceso de aire en el circuito de respiración hace que la bolsa de respiración se infle demasiado, esto empuja la placa de presión contra el empujador de la válvula de alivio, abriendo la válvula y expulsando el exceso de aire a la atmósfera. La válvula se abre cuando la presión respiratoria alcanza de 2 a 5 milibares.

PLACA- Activa la válvula de sobre presión y soporta los resortes de presión positiva



Válvula de drenaje

### BOLSA RESPIRATORIA

Constituye una reserva de oxígeno en el circuito. El absorbedor de dióxido de carbono, el enfriador, la válvula de mínimo y la válvula de drenaje van unidos a la bolsa respiratoria mediante conectores de manguito y de collar.

La bolsa respiratoria está fabricada en poliuretano de color amarillo a prueba de rompimiento por rasgadura y punción. Resistente a temperaturas desde - 30 °C grados hasta 60 °C. La capacidad en volumen de la bolsa de respiración es de 5.5 litros; con la ayuda de dos resortes, la bolsa de aire genera presión positiva que otorga mayor seguridad frente a los gases tóxicos.

## ENFRIADOR- INTER COOLER



El enfriador o refrigerador puede ser llenado con hielo y reduce la temperatura del aire inhalado y con ello minimiza el stress respiratorio del usuario.

El sistema de dosificación suministra oxígeno proveniente del enfriador al circuito de respiración con un caudal de 30 litros por minuto a una temperatura de 24°C (75°F), la temperatura del aire respirable se mantiene por debajo de 37°C (98°F) durante un máximo de 4 horas.

121

La temperatura del aire y la frecuencia respiratoria afectan la duración del hielo y el enfriador del aire seguirá siendo efectivo.

### 6.1.3 ESTRUCTURA INTERNA DEL EQUIPO PSS BG4 PLUS



Los sistemas electrónicos están compuestos por:

### **Transductor de presión de alta señal**

El sensor convierte la lectura de presión del cilindro de oxígeno en una señal electrónica.



### **Switch box, caja de interruptores**

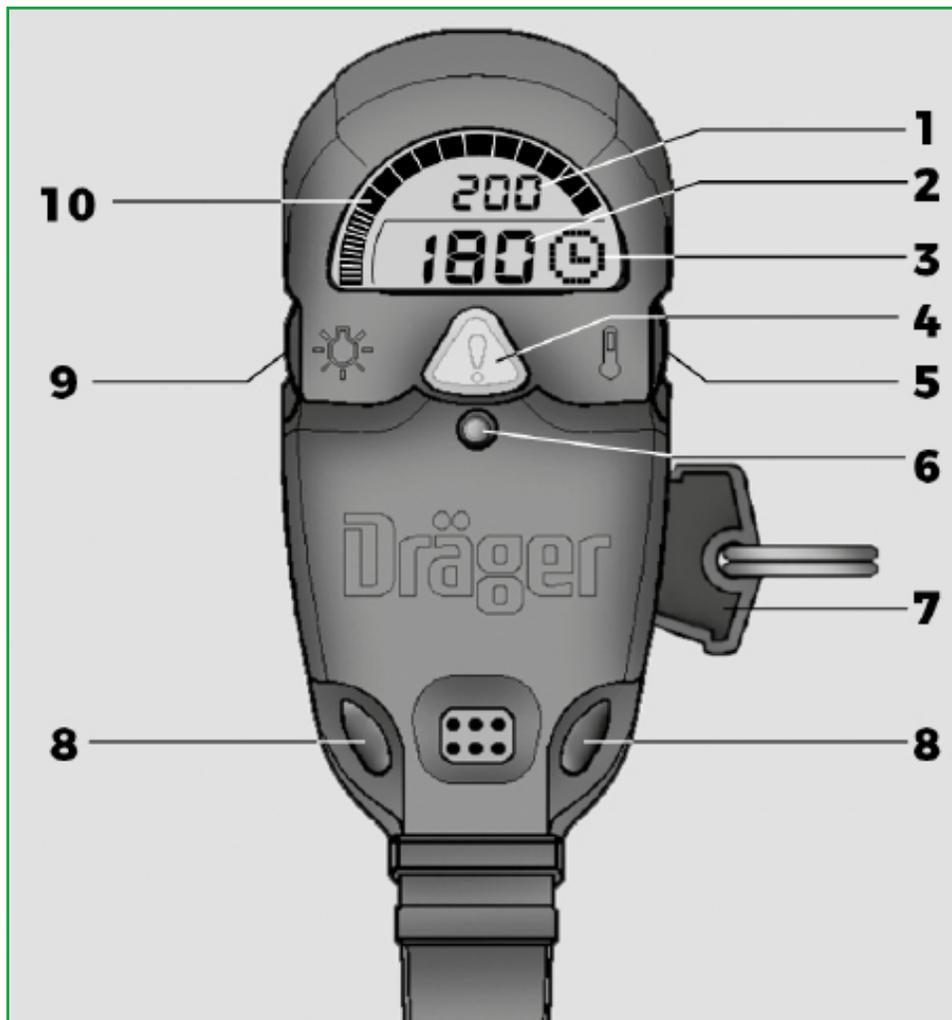
La señal del sensor se transmite a través de la caja de interruptores al Body Guard II, el cual monitorea el desempeño del PSS BG4 PLUS.

---

### **Body guard II**

El Body Guard II es una unidad de monitorización electrónica que ofrece información completa de la intervención y permite el uso de alarmas de hombre caído. El Body Guard II está aprobado para uso en atmósferas potencialmente explosivas. Tiene como características las siguientes:

- 1.** Display digital, presión de oxígeno en bar
- 2.** Alarma de presión residual en minutos, hasta 55 bar
- 3.** Icono para minutos
- 4.** Botón de pánico amarillo
- 5.** Botón derecho, muestra la temperatura ambiente
- 6.** LED verde, para visualizar la señal de operación
- 7.** Llave Tally, tecla de conteo, sensor de movimiento y unidad de señal de socorro automática
- 8.** LEDs rojos, indicadores para señal de alarma visual
- 9.** Botón izquierdo, para iluminar la pantalla durante cinco segundos
- 10.** Display análogo para presión de oxígeno.



**El Body guard II incorpora las siguientes funciones:**

- Monitoreo de presión de aire disponible del sistema de contención de aire.
- Comienzo de Tiempo de Servicio (TTW) y Fin de Tiempo de Servicio (EOST) visualización de la hora.
- Alarma Visual - Indicadores LED - Standard.
- Alarma Audible.
- Sensor de Movimiento y de la Unidad automática de señal de socorro (ADSU).
- El "Tally" - activa el sensor de movimiento
- Activado manual de señal de socorro (ESD).
- Temperatura.
- Duración de la batería.
- Luz de fondo que ilumina la pantalla.

### 6.1.4. CARCASA Y ARNÉS

La carcasa fabricada en fibra de carbono, protege al usuario y al equipo; el arnés está formado por cinturón y correas ajustables para los hombros, es de colocación fácil y con diseño ergonómico de alta calidad. Los dos componentes tienen las siguientes características:

- Componentes Livianos
- Arnés SCBA Acolchado
- Cinturón de Distribución de Peso Cómodo
- Probado en llamas Bajo Normas NFPA de Circuito Abierto
- Diseño sin herramientas para lavado y remoción
- Certificado bajo Normas en la lucha contra Incendios



### 6.1.5 FUNCIONAMIENTO

Los equipos de respiración autónomos de circuito cerrado, de oxígeno comprimido u oxígeno-nitrógeno comprimido, están diseñados y construidos para que el gas respirable que se exhala sea conducido desde la máscara a un circuito que contiene un cartucho de absorción de dióxido de carbono y una bolsa de respiración en donde queda disponible para respirarse nuevamente. El cartucho de absorción de dióxido de carbono contiene (hidróxido de calcio) que absorbe el dióxido de carbono exhalado. El oxígeno u oxígeno-nitrógeno son alimentados al equipo por medio de un flujo constante o por medio de un

flujo controlado por el pulmón o por medio de una combinación apropiada de ambos. El flujo del aire respirable se hace por medio de un circuito de ida y vuelta y el exceso de gas es expulsado por medio de una válvula de descarga’.

El PSS BG4 PLUS, es del tipo de oxígeno comprimido. El cilindro está cargado con oxígeno con una pureza no inferior al 98%. El flujo de gas a través del equipo se realiza en dos sentidos (dos tubos: inhalación y exhalación). El gas exhalado que contiene dióxido de carbono pasa por medio de un absorbente de dióxido de carbono (cartucho absorbente) en donde se reduce efectivamente el dióxido de carbono. La mayoría del gas regenerado circulará entonces a través del equipo luego de ser refrigerado y enriquecido con oxígeno fresco que es suministrado en un flujo constante desde el cilindro de reserva. El exceso de gas es expulsado del equipo y a la atmósfera por medio de una válvula de descarga.



1. Máscara.
2. Conector de Respiración
3. Manguera de exhalación
4. Filtro de Polvo
5. Carga Absorbente de CO2
6. Bolsa de Respiración
7. Válvula de Descarga
8. Válvula Mínima
9. Refrigerador de aire
10. Dosis constante (flujo)
11. Manguera de Inhalación
12. Válvula de Drenaje
13. Cilindro de Oxígeno
14. Válvula de Cilindro
15. Reductor de Presión
16. Interruptor - Caja
17. Unidad Body Guard II

El oxígeno es introducido en el aparato de respiración desde el cilindro de oxígeno (13) al abrir la válvula de cilindro (14), que permite que el oxígeno fluya hacia el reductor de presión (15). Desde el reductor de presión, el oxígeno, a la presión del cilindro, es dirigido a:

- a) La unidad Bodyguard II la cual se enciende inmediatamente (17).
- b) La caja del interruptor (16).
- c) La válvula mínima, la cual descarga el oxígeno en la bolsa de respiración a un caudal > 80 litros por minuto (8), y, d) El refrigerador de aire, con una administración constante de oxígeno (flujo) de entre 1,5 y 1,9 litros por minuto (9).

---

### **El Circuito:**

126

La dosis constante de oxígeno entra al refrigerador de aire (9) y pasa a la manguera de inhalación (11); posteriormente viaja por medio de la válvula de inhalación y entra a la máscara (1) en donde es inhalado por el usuario.

En la exhalación, la válvula de inhalación se cierra y la válvula de exhalación se abre; en la inhalación ocurre lo contrario, controlando así el flujo de oxígeno por el circuito de respiración.

En la exhalación, el aire exhalado pasa por medio de la válvula de exhalación y entra a la manguera de exhalación (3); entonces pasa al cartucho absorbente (4) en donde la sustancia absorbente (5) remueve efectivamente tanto el dióxido de carbono como la humedad del aire exhalado.

Al abandonar el cartucho absorbente (4), el aire regenerado entra a la bolsa de respiración (6), en donde es enriquecido con oxígeno suministrado por la válvula mínima (8) “en inicio”. De la bolsa de respiración (6), el aire pasa al refrigerador de aire (9) en donde se encuentra con el oxígeno fresco de administración constante suministrado desde el cilindro y el ciclo comienza de nuevo.

**Notas:** El exceso de presión en el circuito de respiración es descargado a la atmósfera por medio de una válvula de descarga automática (7), la válvula de descarga es establecida para descargar entre 4 y 7 mb.

La refrigeración del aire inspirado es lograda por un cubo de hielo preformado insertado en el compartimento central del refrigerador de aire. El calor es absorbido por el hielo dando así el efecto de refrigeración necesario al aire inspirado.

Una válvula de descarga de agua es conectada a la bolsa de respiración con el fin de descargar la humedad del circuito de respiración a la atmósfera.

## **6.1.5 USO Y OPERACIÓN**

El equipo de protección respiratoria de circuito cerrado PSS BG 4 plus suministra al usuario aire respirable con una duración de aproximadamente 4 horas, esto permite al usuario trabajar en ambientes contaminados o con falta de oxígeno.

### Limitación de los tiempos de intervención

El tiempo de intervención es de aprox. 4 horas si se cumplen los siguientes requisitos:

- El usuario es de estatura media y está en buenas condiciones físicas.
- Las condiciones de trabajo no son muy extremas.
- La botella de oxígeno está completamente llena.
- El equipo ha sido revisado y mantenido adecuadamente.

El tiempo de intervención puede reducirse considerablemente con los siguientes factores:

- Condiciones físicas del usuario (cuanto peor las condiciones, mayor es la necesidad de oxígeno)
- Grado de esfuerzo (cuanto más duro trabaja el usuario, mayor es la necesidad de oxígeno)
- Estado emocional del usuario (cuanto más miedoso o nervioso esté el usuario, mayor es la necesidad de oxígeno)
- Estado del equipo (equipos mal mantenidos o mal ajustados pueden perder aire respirable y por ello siempre deberían ser revisados según el correspondiente manual de uso)
- Presión de la botella antes de la intervención (Si la botella no está completamente llena, el tiempo de intervención se reduce proporcionalmente. La presión de la botella debería ser de por lo menos 180 bar).

### Restricciones del uso previsto

El equipo de protección respiratoria de circuito cerrado PSS BG 4 plus no debe ser utilizado como equipo de buceo.

### Requisitos previos para el uso

- Usar ropa de protección y protección de cabeza
- Tener en cuenta las Normas para el uso de equipos de protección respiratoria.
- La duración de uso y la vuelta deben planificarse independientemente de las alarmas de presión residual.
- La intervención debe finalizarse cuando se produzca la última alarma de presión residual (con aprox. 10 bar).
- Al quitarse el PSS BG 4 plus en espacios confinados, por ejemplo, al entrar en tuberías de emergencia, se pueden producir resistencias respiratorias elevadas debido al doblamiento de las mangueras corrugadas. Por ello hay que entrenar antes el quitarse y el desplazamiento del PSS BG 4 plus intensivamente, para evitar molestias en forma de interrupciones respiratorias.

En caso de fallo en el suministro de oxígeno:

Presionar la válvula bypass. El circuito respiratorio recibe oxígeno adicional.

Se requiere incluir el protocolo para el equipo y la máscara, pruebas que requiere hacer usuario antes de entrar en operación tales como: comprobación fecha de verificación del equipo por parte del mecánico de equipos, inspección visual, instalación hielo, comprobación de conexiones o uniones,

verificación de instalación absorbedor (fecha de recarga, fecha instalación y fecha vencimiento), colocación equipo, comprobación funcionamiento, estado de carga de batería, presión de botella, prueba de estanqueidad de alta presión, etc

### **Protocolo para el PSS BG 4 PLUS antes de entrar en operación**

#### **• Retirar la tapa protectora**

Abrir tapa protectora, hasta que la pieza guía y los tapones en el borde inferior estén sueltos. Desenganchar los dos tapones y retirar la tapa.

#### **• Revisión del absorbedor**

Revisar la fecha instalación por parte del mecánico, no sobrepasar los 6 meses y fecha de vencimiento de fábrica la cual no debe sobrepasar los 4,5 años.

#### **• Montar botella de oxígeno**

Después de revisar y comprobar los requerimientos de la botella colocarla en su compartimento, enroscar la conexión manual (¡Solo con la mano!), asegurar que las conexiones estén libres de aceite y grasa, pasar la correa por la hebilla y cerrar el Velcro.

#### **• Cerrar la tapa protectora**

Colocar primero la brida guía, después los dos enganches en el borde inferior de la tapa, cerrar la tapa protectora, ajustar los pasadores y el PSS BG 4 plus está listo para funcionar.

### **Preparar el funcionamiento**

#### **• Funcionamiento con depósito de hielo**

Retirar la tapa protectora del Cooler, colocar el hielo y ajustar la tapa protectora.

#### **• Comprobación del funcionamiento**

Abrir el grifo de la botella, el Bodyguard se activa e inicia automáticamente la secuencia de autochequeo, monitorea todas las entradas y muestra todos los símbolos, si no se ha detectado ningún fallo, aparece el símbolo de aprobado.

#### **• Chequeo automático de la pila**

Chequeo de la pila cuando aparece el símbolo de estado de la pila, este símbolo permanece 4 segundos en el display y durante este periodo el gráfico de barras inicia una cuenta atrás de izquierda a derecha. En cada activación y desactivación del Bodyguard este comprueba automáticamente el estado de carga de la pila y lo indica. Para la indicación de la carga restante de la pila existen tres símbolos diferentes:

- Símbolo “Pila OK”. No hay que sustituir la pila.

- Símbolo “Pila Alarma 1”. Al activar el Bodyguard suena un largo tono de alarma y en el display aparece el símbolo “Pila Alarma 1”, si este símbolo aparece la primera vez el PSS BG4 PLUS se puede utilizar con total seguridad hasta 4 horas (con un uso normal del Bodyguard).

- Símbolo “Pila Alarma 2”. En este caso los LEDs rojos parpadean constantemente. Al activar el Bodyguard suenan 5 breves tonos de alarma y en el display aparece el símbolo “Pila Alarma 2”. El Bodyguard se desconecta automáticamente para evitar su uso.

#### **• Prueba de estanqueidad de alta presión**

La botella de oxígeno debe estar llena, es decir, la presión de llenado debe ser superior a 165 bar, si no el Bodyguard no permite esta prueba.

- Abrir el grifo de la botella. Con una presión superior a 165 bar aparece el símbolo “cerrar grifo de botella” en el

display y suena un tono de alarma doble.

- Cerrar el grifo de la botella. El gráfico de barras realiza una cuenta atrás de izquierda a derecha. Cuando el display indique 165 bar, se activa el ciclo de pruebas para la prueba de estanqueidad de alta presión: el símbolo “tiempo residual” aparece en el display y suena un único tono de alarma, el gráfico de barras se inicia nuevamente y realiza una cuenta atrás de izquierda a derecha.
- Después de 15 segundos, si el PSS BG 4 plus está OK: el símbolo “abrir el grifo de la botella” aparece en el display y suena un tono de alarma doble.
- La prueba de estanqueidad de alta presión ha sido completada con éxito. Mantener cerrado el grifo de la botella y desconectar el Bodyguard.

### Colocación del PSS BG 4 plus.

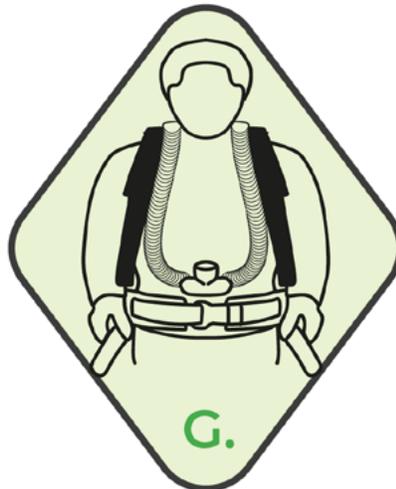
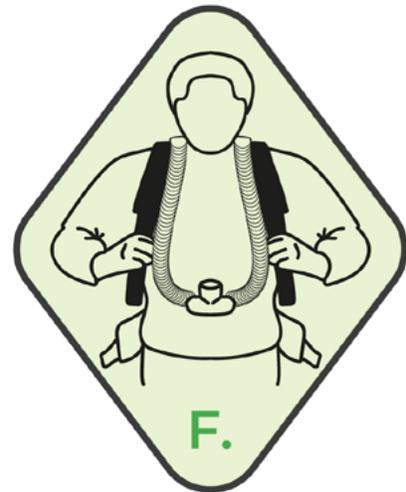
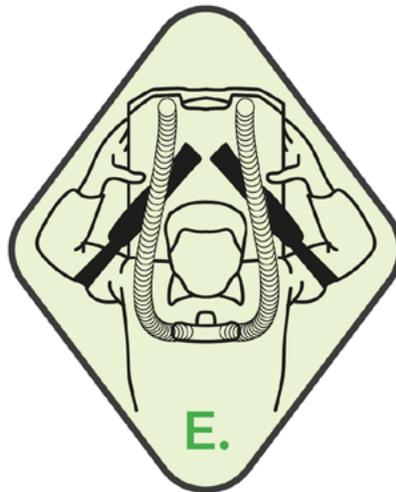
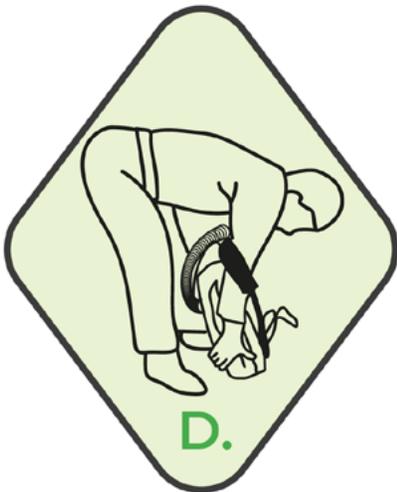
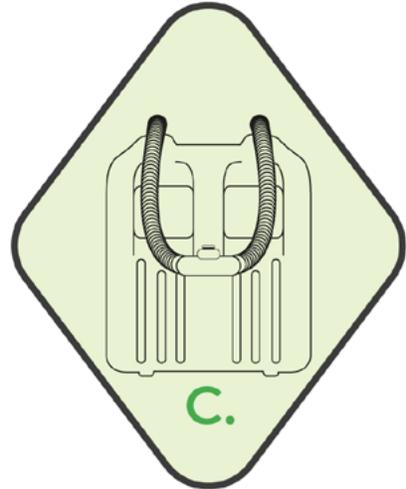
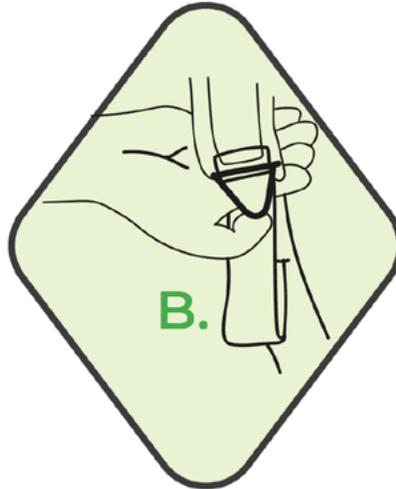
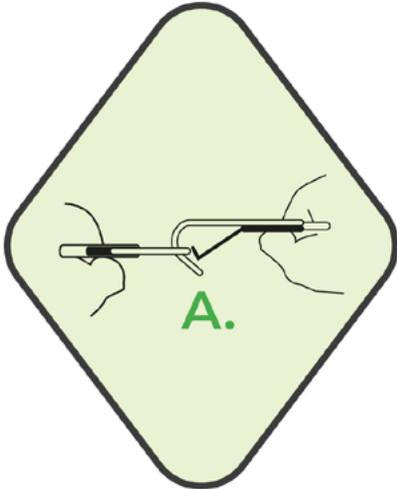
- **Abrir el cinturón**

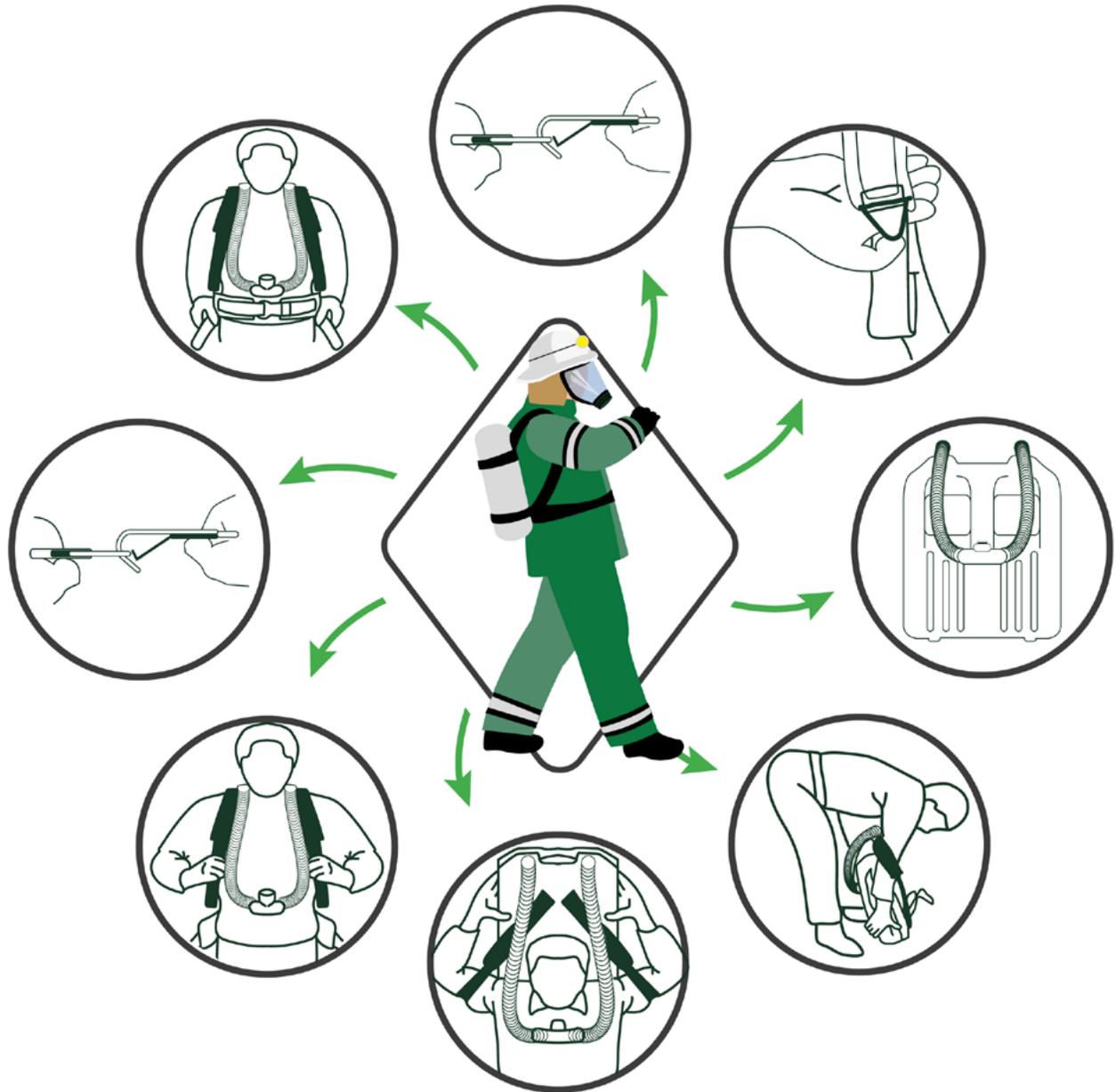
Apretar los laterales del gancho de bloqueo simultáneamente y desenganchar.

- **Abrir ambas hombreras**

Presionar la hebilla hacia arriba con el pulgar y al mismo tiempo y tirar con la otra mano del extremo largo.

- Colocar el PSS BG 4 plus en posición vertical y colgar las mangueras respiratorias sobre la tapa protectora.
- Pasar los brazos por las correas de los hombros y levantar el PSS BG 4 plus.
- Levantar el PSS BG 4 plus por encima de la cabeza, introducir la cabeza en las mangueras respiratorias y deslizar el PSS BG 4 plus por la espalda hasta que las hombreras descansen sobre los hombros.
- Tensar uniformemente las correas de los hombros hasta que el acolchado del cinturón apoye sobre la cadera.
- Cerrar y ajustar el cinturón.
- Tirar de los extremos del cinturón hasta que el PSS BG 4 plus esté ajustado sobre las caderas.
- Insertar los extremos del cinturón en las presillas a ambos lados.
- A continuación, aflojar un poco las hombreras, hasta alcanzar el confort de transporte adecuado.





### **Comprobación de la posición de los anillos de refuerzo / de las sujeciones de mangueras**

Al llevar cargas pesadas en los hombros existe el peligro, que las mangueras respiratorias sean aplastadas y el circuito respiratorio interrumpido.

- Comprobar la posición de los tres anillos de refuerzo y si fuera necesario corregir: fijar centralmente el anillo central con la sujeción de manguera en el hombro. Los otros dos anillos también deben estar sobre el hombro.

132

### **Ajuste de la máscara**

Usa únicamente máscaras que están permitidas con el PSS BG 4 plus.

### **Puesta en marcha**

- Si el PSS BG 4 plus tiene una conexión para máscara con recogedor de condensación, asegurar que el tornillo de cierre esté fijo en la conexión para máscara.
- Retirar el tapón de cierre R 33 588 de la conexión para máscara, inspirar profundamente y crear vacío.
- Introducir la conexión para máscara en la conexión respiratoria hasta que ajuste.
- Inmediatamente después de ajustar la pieza de conexión para máscara: Abrir el grifo de la botella (por lo menos dos vueltas) y exhalar en PSS BG 4 plus.
- El Bodyguard se activa automáticamente y realiza las siguientes pruebas:
  - Secuencia interna de autochequeo
  - chequeo de la pila y frece

la prueba de estanqueidad de alta presión.

### **Comprobación de la disponibilidad para su uso**

- Presionar fuertemente la manguera de inhalación e inspirar hasta que se produzca vacío. Contener la respiración durante aprox. 10 segundos. El vacío ha de mantenerse, si no ajustar el correaje de la máscara.
- Observar el Bodyguard.
- Activar brevemente el botón izquierdo, para activar la iluminación de escala (se apaga automáticamente después de un rato).
- Si el PSS BG 4 plus está bien, el LED verde parpadea y en el Display aparecen todos los segmentos y un mínimo de 180 bar.
- Empezar con la intervención.
- En caso de fallo, los LEDs rojos parpadean y suena la alarma.

Para más detalles de todos los procedimientos de uso y cuidado del equipo, véase el Manual del PSS BG4 PLUS, Link:



[https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/manual\\_pss\\_bg4\\_plus\\_espanol.pdf](https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/manual_pss_bg4_plus_espanol.pdf)

### **CUIDADOS ESPECIALES**

- El equipo de protección respiratoria de circuito cerrado PSS BG 4 plus no

debe ser utilizado como equipo de buceo.

- ¡No sustituir la pila del Bodyguard II en zonas con peligro de explosión!
- Sustituir pila inmediatamente al llegar a “Pila Alarma 1”.
- Cuando el aviso “Pila Alarma 2” aparece en el display, la pila debe ser sustituida antes de una nueva intervención.
- Extraer la pila si el Bodyguard II no va a ser utilizado durante un periodo de tiempo largo.
- Al montar botella de oxígeno las conexiones deben estar libres de aceite o grasa, se puede producir un incendio, una explosión o ambas cosas.
- La tapa protectora del depósito de hielo debe estar ajustada durante toda la intervención.
- Cuando aparece en el display el símbolo “X”, ha sido detectado un fallo en la prueba de estanqueidad de alta presión. El PSS BG 4 plus no debe ser utilizado.
- Si suena la señal de alarma de la alarma de baja presión, el grifo de la botella está cerrado o la botella de oxígeno vacía. Si después de abrir el grifo de la botella de oxígeno llena, la señal de alarma sigue sonando, el PSS BG 4 plus no debe ser utilizado ya que el circuito no recibe oxígeno.
- Durante la atención de la emergencia, en caso de fallos en el PSS BG 4 plus retroceder inmediatamente.
- Si la llave Tally permanece colocada durante el modo de funcionamiento normal el sensor de movimiento está inactivo.
- Si no detecta movimiento, suena después de aprox. 25 segundos una pre alarma. Si durante los siguientes 10

segundos se detecta un movimiento, la pre alarma es cancelada. No intentar desactivar el pre alarma con los botones.

- Alarmas de presión residual, Con una presión de 10 bar finalizar la intervención y quitare el PSS BG 4 plus. Para ello, el usuario debe estar en una zona segura.
- Para evitar la muerte o graves daños evitar que el oxígeno presurizado entre en contacto con aceite, grasa o contaminantes similares. Podría causar un incendio o una explosión o ambas.
- Después de cada mantenimiento hay que comprobar el PSS BG PLUS. No utilizar nunca el PSS BG 4 PLUS si suena o permanece activa alguna alarma.
- La prueba de funcionamiento de la alarma de baja presión solo debería realizarse, después de apagar el Bodyguard II.
- El PSS BG 4 plus solamente está listo para su uso, cuando se han realizado todas las actividades anteriormente descritas, de continuar una alerta activa el PSS BG4 PLUS no debe ser utilizado.

## 6.2 SISTEMA GAS BOOSTER HIHP-GZ-21236

Si bien es un equipo que se encuentra en las Estaciones de Seguridad y Salvamento Minero de la Agencia Nacional de Minería, no está dentro de las competencias del Socorredor minero la operación del mismo.

El sistema GAS BOOSTER está diseñado para incrementar la presión de gas del cilindro(s) en cascada o del sistema de almacenamiento y generación a partir de 500 PSI (35 ATM) hasta 3219 PSI (220 ATM) para permitir la recarga de los cilindros o similar. La estructura soporta un panel de control con válvulas, un panel de manómetros y un

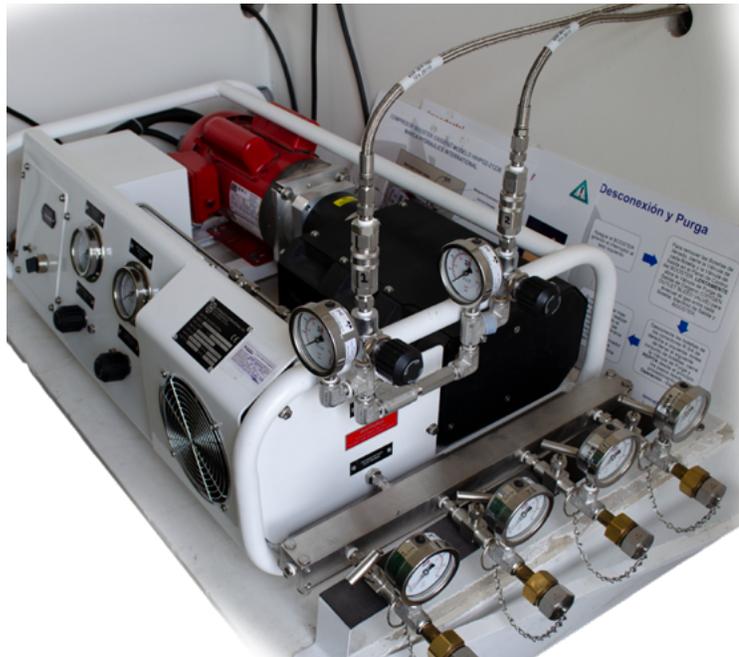
switch de arranque y parada remota con 15 ft de cable.

### 6.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

La unidad está diseñada para impulsar los gases inertes desde un mínimo de 500 psi hasta 3219 psi. Cuando la presión de suministro cae por debajo de 500 psi, el BOOSTER se apagará automáticamente con el interruptor de presión de entrada y reiniciará aproximadamente a 580 psi. La unidad está equipada con un colector de entrada de 2 puertos con conjuntos de manguera de 15 pies, desconexiones rápidas conector CGA-540.

Si la presión de llenado seleccionada es menor que la presión de suministro de gas, no se necesita compresión; el gas de alimentación fluirá libremente al abrir las válvulas de entrada y salida de gases.

Si la presión seleccionada de llenado es igual o mayor que la presión de suministro de gas, el BOOSTER debe encenderse pulsando el interruptor de arranque. A continuación, iniciará el ciclo y la presión se mantendrá automáticamente en aproximadamente 3.219 PSI (220 ATM).



### 6.2.2 PARTES DEL EQUIPO Y FUNCIONAMIENTO

#### **Filtro de entrada de gas:**

Elimina partículas de hasta 5-10 micrones que pueden migrar de los cilindros de suministro.

#### **Filtro de salida de gas:**

Elimina partículas de hasta 5-10 micrones de la descarga del sistema BOOSTER de alta presión antes de entrar en el conjunto de la manguera de llenado.

#### **Manómetro de presión de entrada:**

Indica la presión de entrada de los cilindros de suministro, 0-5000 PSI doble escala.

**Manómetro de Presión de Salida:**

Indica la carga de presión de gas, 0-6000 PSI doble escala.

**Ventilador de refrigeración:**

Proporciona refrigeración al sistema BOOSTER de alta presión

**Mecanismo cigüeñal:**

Aumentar la presión de gas (Convierte movimiento rotacional en longitudinal en los pistones dentro de los cilindros).

**Motor eléctrico:**

Utiliza la energía eléctrica para producir energía mecánica. La energía mecánica se transfiere a través de un eje para el reductor de velocidad y el mecanismo de cigüeñal para generar la acción de vaivén.

**Reductor de velocidad:**

Proporciona velocidad de rotación constante en ciclos / minutos al cigüeñal.

**Válvula de seguridad:**

Prevenir el llenado de botellas con sobrepresión. Fijado en 3.370 PSI (230 ATM).

**Interruptor de límite de alta presión**

Detecta la presión de salida desde el sistema BOOSTER de alta presión y detiene el sistema cuando la presión excede el punto límite fijado en 3.219 PSI (220 ATM).

**Interruptor de límite de baja presión:**

Detecta la presión de entrada procedente

de los cilindros de suministro y detiene el sistema cuando la presión cae por debajo del punto de límite fijado en 500 PSI (35 ATM).

**Manifold de Salida de 4 puertos:**

Permite el llenado de un máximo de cuatro (4) botellas a la vez. Incluye manómetros individuales, válvulas on/off (tipo aguja) y conectores y guardapolvos de R-3/4".

**Manifold de Entrada de 2 puertos:** permite la conexión de hasta dos (2) cilindros a la vez. Incluye un conjunto de manguera de 15 pies con desconexión rápida y conector CGA-540.

135

**Válvula de Cierre de Salida (Shutoff):**

Controla el flujo de gas a través del sistema BOOSTER de alta presión a la botella de llenado, operado manualmente.

**Válvula de Purga de Salida (Bleed):**

Liberar la presión de gas desde el sistema BOOSTER de gas a alta presión y la botella de llenado.

**Control remoto Start/ Stop:**

Permite prender y apagar el BOOSTER a 15 pies de distancia de la unidad

**Contador de horas (Hourmeter):**

Medidor analógico 6 dígitos que se utiliza para registrar el tiempo de funcionamiento en horas, reajustable.

**Cable de alimentación:**

6 pies de longitud.

**Caja eléctrica:**

Contiene el sistema eléctrico de control de cableado.

**Panel de control:**

Incluye válvula de gas de salida (Shutoff Valve), válvula de purga (Bleed valve) y Manómetros de entrada y salida.

**Panel eléctrico:**

Incluye botón de start/stop, botón de reinicio del Breaker y contador de horas (Hourmeter).

**Marco tubular:**

Marco tubular con paneles de control y aisladores de vibración.

**Aisladores de vibración:**

Se utilizan para eliminar las vibraciones del motor y del mecanismo de compresión cuando están operando.

## 6.2.3 CUIDADOS ESPECIALES

El sistema BOOSTER de Oxígeno comprende un número de componentes diferentes que son expuestos a alta presión de gas. La frecuencia de uso, las condiciones del gas de suministro, el número de ciclos, las presiones y cualquier otra condición puede afectar la vida de los sellos.

**Antes y después de cada uso 1.**

- Realice la comprobación visual general del sistema.
- Limpie las conexiones de los cilindros de oxígeno

**Cada 3-6 meses**

• Inspeccione el sistema de alta presión del BOOSTER para revisar si hay presencia de fugas en las conexiones, filtraciones externas, y el rendimiento global

• Inspeccione los pernos del sistema del cigüeñal, la válvula de alivio y las tuercas de bloqueo del interruptor de presión que no presenten desajuste.

**Cada 6 meses**

- Pruebe todos los manómetros de presión
- Inspeccione y limpie/reemplace los filtros de oxígeno

**Cada 12 meses**

- Inspeccione las tuberías de presión de todo el sistema
- Pruebe la válvula de alivio

**Cada 500 horas de uso (Uso severo) - Cada 2.000 horas de uso (uso normal)**

- Cambie los sellos del sistema de alta presión del BOOSTER

## 6.3 EQUIPO DE COMUNICACIÓN BAJO TIERRA (RESCOM MODULAR)

### 6.3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El sistema RESCOM® MODULAR ha sido diseñado para cumplir los Estándares de espacio confinado adoptados en diferentes países; este sistema brinda un enlace de comunicación dúplex continuo entre operadores y asistentes para todos los sitios de trabajo que requieren un permiso como Clase I División I, Grupos A, B, C y D, Clase II División. I, Grupos E, F y G, Clase III y es ideal para aplicaciones en lugares

con niveles de ruido ambiental elevado y/o largas distancias entre operaciones. La comunicación no se ve afectada por paredes o pisos de concreto o acero, o cualquier aplicación fuera del alcance visual. Este equipo es intrínsecamente seguro y no puede ser monitoreado fácilmente por otros.

El sistema puede estar interconectado por un cable DuraCORE, un cable de extensión de alta calidad para instalaciones portátiles o con cableado instalado permanentemente. El producto de cable de comunicación NFPA permite la eliminación de una parte del equipo incorporando un cableado con cables de extensión en una prueba >9000 libras, línea de seguridad para él retiro del ingresante. Véase Figura 6.2.

**Figura 6.2. Sistema de Comunicación Alámbrica Intrínsecamente Seguro**



### 6.3.2 PARTES DEL EQUIPO

A continuación, se detallan los componentes del sistema de comunicación RESCOM MODULARTM

**Figura 6.3. Auricular con micrófono de Garganta, Correa para el Cuello y Caja de Interconexión**

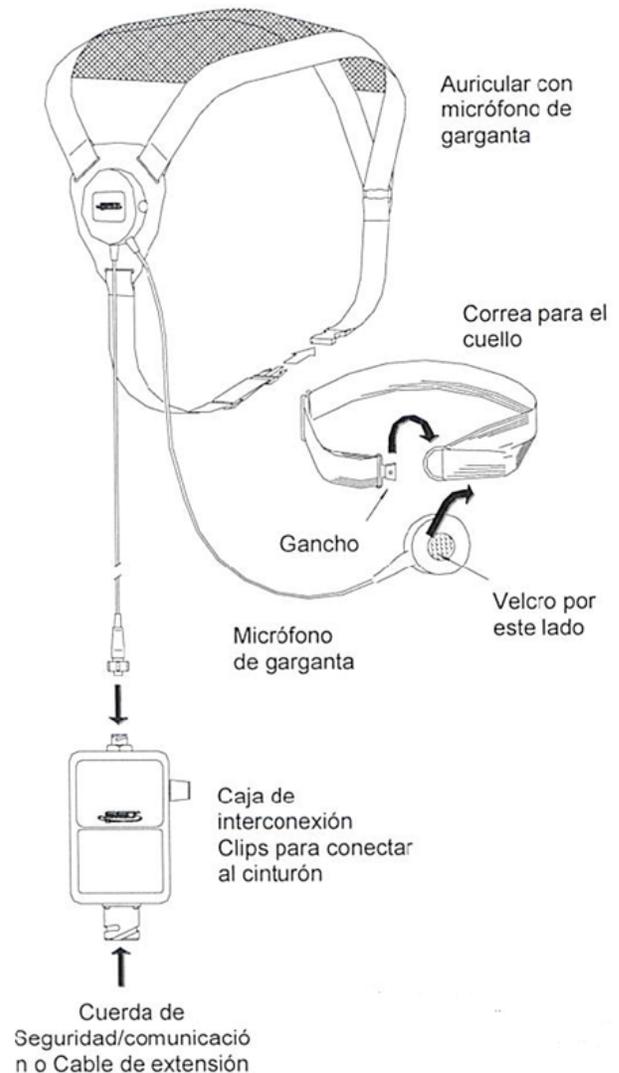
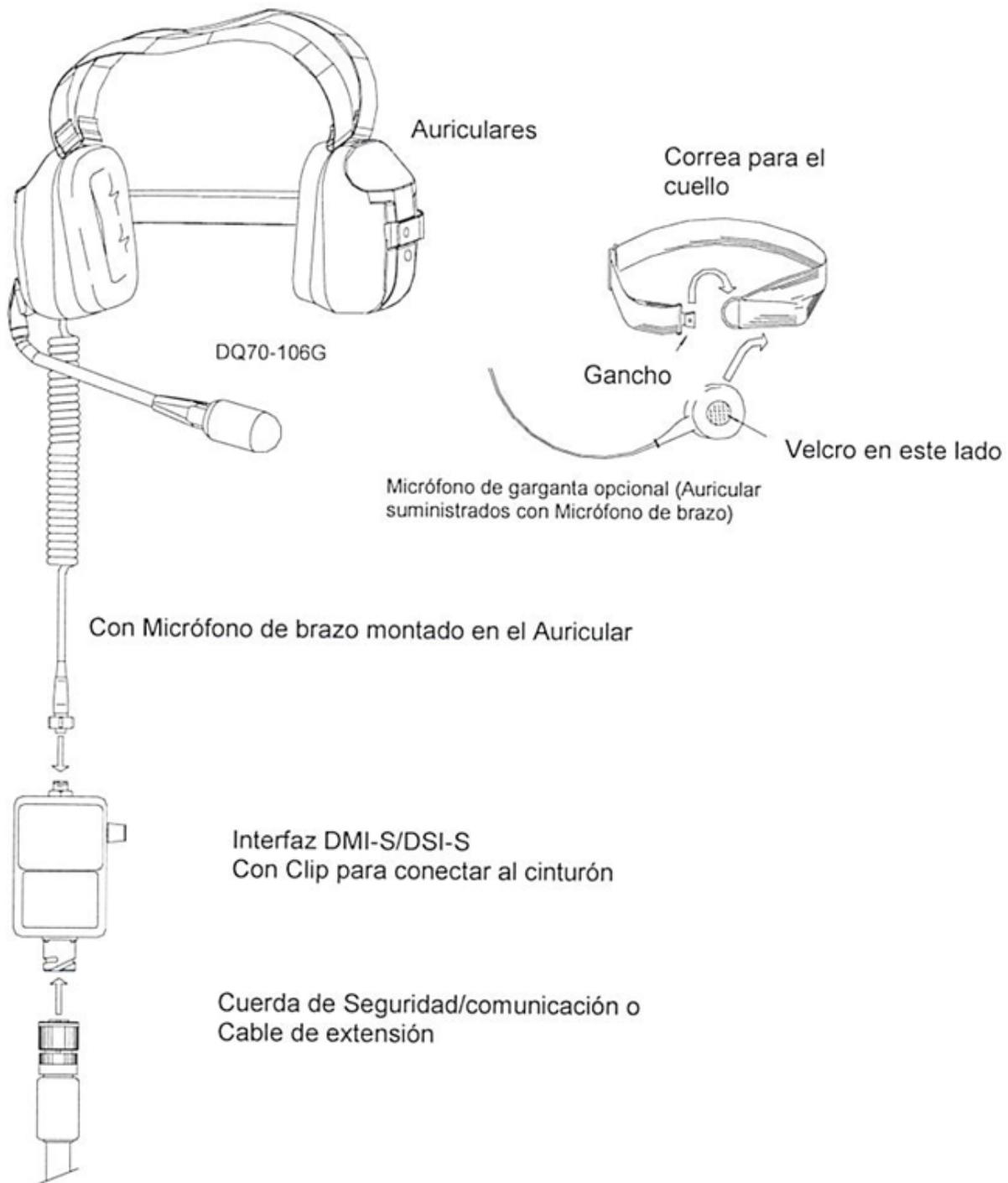


Figura 6.4. Auricular con micrófono de Brazo, Interfaz DMI-S/DSI-S y Cable de Extensión.



Fuente: Manual Rescom Modular™

### **Aurifono Serie DQ DQ70-106**

Auricular de Comunicación con las siguientes características:

- Construcción dieléctrica, intrínsecamente seguro.
- Receptor dual proporciona una respuesta de audio nítido.

- Con una banda de tensión de acero detrás de la cabeza ajustable y dos correas de velcro proporcionan un uso y ajuste seguro incluso debajo de un casco de seguridad.
- Almohadillas de espuma suave reemplazables para mejor confort y mayor durabilidad.
- Micrófono de brazo tipo cuello de cisne con gran flexibilidad, lo que permite ajustar el micrófono en forma precisa.
- Conector con cierre de giro, resistente al agua.
- La funda del cable retráctil SEDFLEXT está hecha de un material duradero, fácil de limpiar, resistente químicamente y con buena flexibilidad entre, resistente a temperaturas entre  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $80^{\circ}\text{C}$ .
- Auriculares amarillos brillantes para aumentar la visibilidad. Véase Figura 6.5.

**Figura 6.5. Audífono Serie DQ DQ70-106**



**Fuente: Consultores**

Cajas Interface Maestro e Interface Esclavo – Amplificadoras. Estas cajas interface tienen las siguientes funciones y características:

- Conectan los auriculares de los usuarios al cable de comunicación
- DMI (Maestro) controla el sistema con su propio interruptor on/off.
- Ambas interfaces DMI y DSI tienen sus propios controles de volumen.
- Vienen con un estuche de vinilo negro resistente para montaje en arnés/cinturón.
- Cajas construidas de ABS.
- Conectores tipo bayoneta, estilo militar. Véase Figura 6.6.

139

**Figura 6.6. Cajas Interface Maestro e Interface Esclavo – Amplificadoras**



**Fuente: Consultores**

Cajas de Conexiones. Caja para interconectar varios usuarios, son livianas, construidas en PVC y con opciones de 4, 6 y 8 puertos de conexión. Véase Figura 6.7.

Figura 6.7. Cajas de Conexiones



Fuente: Consultores

### 6.3.3 USO Y OPERACIÓN

Cada sistema de comunicación RESCOM® Modular™ de dos (2) a diez (10) auriculares consiste en un auricular Master (DMI-S) montado con cinto y de uno (1) a nueve (9) auriculares Slave (DSI-S) montado con cinto, como así también cables de extensión y/o cuerdas de seguridad/comunicación y las cajas de empalme portátiles que sea necesarias para los sistemas que superen las dos (2) auriculares.

Puede usarse cualquier combinación de componentes siempre y cuando la extensión máxima del cable entre auriculares no exceda las extensiones recomendadas.

### 6.3.4 CUIDADOS ESPECIALES

#### Auriculares:

Limpiar usando una tela suave humedecida con agua. Si es necesario, puede usarse un detergente suave. No empape o sumerja el auricular en agua ya que puede dañar los componentes internos.

Los kits de higiene (y en especial los selladores para oído) deben ser reemplazados regularmente para asegurarse de que se mantenga la efectividad de la protección para los oídos. Se recomienda reemplazar cuando los sellos para oídos pierden su flexibilidad, se endurecen o se quiebran.

Las pantallas contra el viento son fácilmente reemplazables y es recomendable hacerlo por motivos de higiene ya que el micrófono usualmente está en contacto con los labios durante SU USO.

#### Cables de extensión:

Limpiar con detergente suave y agua. A pesar de que los conectores son sumergibles, debe evitarse sumergir o mojar conectores abiertos en agua para evitar que se depositen escombros o una capa de suciedad en las superficies de contacto.

#### Cuerda de seguridad/comunicación:

Limpiar periódicamente para remover la suciedad y la arena que puedan estar insertándose en las fibras de la cuerda.

Eliminar los químicos de la cuerda tan pronto sea posible ya que estos pueden dañar el núcleo o la cubierta de la cuerda.

La limpieza de la cuerda debe realizarse con equipo de limpieza de cuerdas comercial y detergentes suaves. Sin embargo, si estos

no están disponibles, se puede empapar la cuerda en detergente suave y luego enjuagarla con agua pura (proteger los conectores).

## 6.4 MONITOR DE GASES MÚLTIPLES IBRID MX6

### 6.4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

El monitor de gases múltiples MX6 es un dispositivo portátil para la medición de las concentraciones de diferentes gases de las atmosferas de trabajo. Incluye hasta cinco sensores para monitorear hasta seis gases ambientales en todo el rango de temperatura del instrumento. En Colombia para realizar los trabajos en las minas y las operaciones de rescate y salvamento minero, el MX6 es configurado para monitorear Oxígeno (O<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Metano (CH<sub>4</sub>), Ácido Sulhídrico (H<sub>2</sub>S), Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), en las diferentes unidades de medidas de concentración, %, PPM y %LEL.

141

Los sensores se encuentran en la parte superior del frente del dispositivo, protegida por un material impermeable que evita el ingreso de suciedad, polvo y desechos

#### Sensores MX6 IBRID

O <sub>2</sub>	Sensor Electroquímico
NO <sub>2</sub>	Sensor Electroquímico
H <sub>2</sub> S	Sensor Electroquímico
CO	Sensor Electroquímico
CO <sub>2</sub>	Sensor por absorción infrarroja
CH <sub>4</sub>	Sensor por difusión Catalítica



Ubicación Sensores

#### Rangos de medición:

**Gases combustibles:** 0 a 100% LEL en incrementos de 1%

**Metano:** 0 a 5% del volumen en incrementos de 0,1% (0 a 100% vol, opcional)

**Oxígeno:** 0 a 30% del volumen en incrementos de 0,1%

**Monóxido de carbono:** 0 a 999 ppm en incrementos de 1 ppm (0 a 9,999 ppm opcional)

**Sulfuro de hidrógeno:** 0 a 500 ppm en incrementos de 0,1 ppm

**Óxido de nitrógeno, hidrógeno:** 0 a 999 ppm en incrementos de 1 ppm

**Dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre:** 0 a 99,9 ppm en incrementos de 0,1 ppm

**Dióxido de carbono:** 0 a 5% del volumen en incrementos de 0,1%

## EQUIPOS UTILIZADOS EN SALVAMENTO MINERO

Cada sensor cuenta con un nivel bajo y un nivel alto de alarma, para avisar acerca del aumento de las concentraciones de un gas. Con el nivel bajo se oye un todo pulsado se activan los LD correspondientes y el equipo vibra acompañado cada pulso. Con el nivel alto los pulsos son más intensos y más rápidos.

Rango de temperatura de funcionamiento:

-20° C a 55° C (-4° F a 131° F) habitualmente.

### 6.4.2 PARTES DEL EQUIPO

Los componentes del hardware del MX6 son los siguientes:



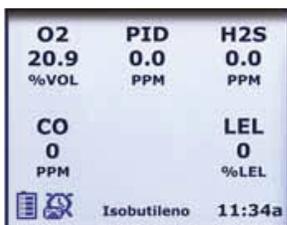
## PANTALLA DE LCD GRÁFICA

La pantalla de cristal líquido (LCD) gráfica de color STN usa una paleta de 256 colores (incluida la escala de grises) y gráficos para mostrar colores.



## PANTALLA A COLOR DEL MX6 iBRID™

Visibilidad mejorada, funcionalidad ampliada



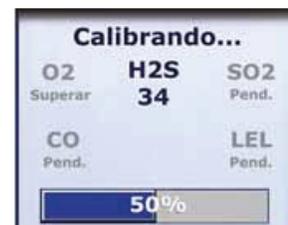
El MX6 muestra claramente lecturas en tiempo real en PPM o % por volumen.



Su menú intuitivo facilita el acceso a las funciones y configuraciones.



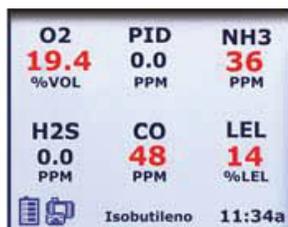
Muestra las lecturas directas y las tendencias de datos como gráficos.



Muestra los resultados y el progreso de calibración de cada sensor.



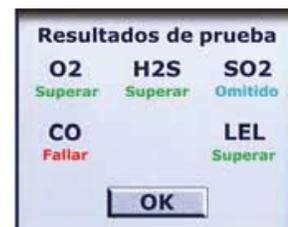
Muestra una advertencia de "calibrar" para cada sensor que corresponda.



Muestra números color rojo y titila la retroiluminación cuando emite una alarma.



Las alarmas se muestran con el texto "Go/No Go" (Si/No) y la retroiluminación titila.



El texto con codificación de colores permite ver rápidamente los resultados de la calibración o prueba

## BOTÓN DE NAVEGACIÓN

Todas las funciones del MX6 se controlan desde el botón de navegación que tiene cinco posiciones. Este botón incluye en la sección central las funciones de encendido, apagado e intro para acceder a las funciones y los menús; los botones de flechas hacia y abajo que permiten desplazarse por los menús gráficos y los botones a la derecha e izquierda para moverse horizontalmente en los mismos menús.

La mayor parte de la navegación se realiza presionando un solo botón, algunos modos manteniendo el botón presionado durante varios segundos o presionando el botón dos veces.

## ALARMAS

### Alarma Audible

Debajo del botón de navegación o botón central, a la izquierda y a la derecha, se encuentran los puertos de la alarma audible, aberturas que permiten activar 95 db de sonido que avisan sobre el aumento de concentración de un gas.

Hay dos niveles de alarma de audio acústicas en función de la frecuencia de los pitidos y la longitud de retraso entre pitidos.

Nivel bajo (nivel 1) Pitidos de baja frecuencia con un retardo largo

Nivel alto (nivel 2) Alta frecuencia con un retraso corto

Para todos los sensores, excepto los de oxígeno, si la lectura de gas supera el nivel de alarma alta, el instrumento mantiene la alarma alta hasta que la lectura de gas sea inferior a dicha alarma; entonces, el instrumento pasa a la alarma baja hasta que la lectura de gas sea inferior al nivel de alarma baja. Para el sensor de oxígeno, sólo se indica la alarma alta tanto para el empobrecimiento como enriquecimiento de oxígeno.

### Alarma de vibración

Alarma de impulsos que se usa para alarmas límite y como indicador de confianza, que igualmente avisan sobre el aumento de la concentración de un gas.

Alarmas visuales. Se encuentran en la fila de sensores, que se activan cuando se superan los límites de exposición de determinado gas. Hay dos niveles de alarmas visuales en función de la longitud del retardo entre los parpadeos de los LED.

Nivel bajo (nivel 1) Los LED muestran una pulsación con un retardo Largo Nivel alto (nivel 2) Los LED muestran una pulsación con un retardo corto. La retroiluminación de la pantalla LCD parpadea como parte de todas las secuencias de alarma, excepto cuando la batería está baja. La alarma visual también se usa como el indicador de confianza que, al activarse, hace parpadear los LED cada 30 segundos.

### 6.4.3 USO Y OPERACIÓN

Para encender el MX6 mantenga presionado el botón de encendido/apagado durante tres segundos o hasta que se encienda la retroiluminación, al encenderse el equipo inicia su configuración y realiza una prueba de las alarmas sonoras, visual y vibratorias, seguidamente aparece una pantalla de revisión de los softwares instalados y

muestra las configuraciones de sensores y luego las lecturas en tiempo real.

Para apagar el instrumento, mantenga presionado el botón de navegación [INTRO] central

durante más de dos segundos. Se muestra una pantalla de confirmación para verificar el

apagado.

Los sensores del MX6 deben ser calibrados periódicamente de acuerdo a su uso, si algún sensor falla durante la calibración, el MX6 no puede ser usado hasta que este no haya sido restaurado.

El MX6 está alimentado por baterías recargables alcalinas o de litio-ion. Para cargar la batería siga los pasos siguientes:

1. Introduzca el cable de alimentación del soporte de carga en la toma de pared adecuada.
2. Coloque el instrumento en un soporte de cargador o cargador/enlace de datos.
3. Observe que la LCD en el MX6 indique que la batería se está cargando.
4. Espere 8 horas para que el MX6 se cargue completamente.

### 6.4.4 CUIDADOS ESPECIALES

- Antes de cada uso, se debe realizar una prueba funcional. Si el instrumento no pasa dicha prueba, se recomienda una calibración completa.
- Antes de ingresar a la mina encienda el equipo en una atmosfera libre de gases contaminantes y espere la puesta a punto automática.
- Verifique que la calibración del equipo

se encuentre vigente.

- Verificar que el dispositivo se encuentre completamente cargado para iniciar su uso.
- El monitor debe ser usado por personas capacitadas y entrenadas para su manipulación, siguiendo los procedimientos de trabajo seguro establecidos por la empresa.

## 6.5 MONITOR DE GASES MÚLTIPLES X-AM 5600

### 6.5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

El Dräger X-am® 5600 con tecnología de sensores infrarrojos, es uno de los instrumentos de detección de gases más pequeño para la medición de hasta 6 gases. Realiza mediciones precisas y fiables de vapores y gases explosivos, inflamables y tóxicos, además de oxígeno.

145

Los sensores en el Dräger X-am 5600 pueden ser cambiados fácilmente; la configuración puede realizarse con el Software CC-Visión. Esto permite:

- Equipo totalmente flexible
- Ampliar los gases a medir
- Cambio del gas a ser medido



Los sensores pueden ser calibrados para medir los gases en las diferentes unidades de medición: %, %LEL PPM, dependiendo del tipo de gas y según la tabla siguiente:

*Tabla 6.2. Calibración de sensores.*

SENSORES	TIPO	RANGO DE MEDIDA	RESOLUCIÓN
DrägerSensor Dual IR Ex/CO2 1)	Infrarrojo	0 – 5 Vol.-% CO2	0,01 Vol. -% CO2
DrägerSensor Dual IR Ex/CH4 1)	infrarrojo	0 - 100 Vol. -% Metano	0,1 Vol. -% CH4
DrägerSensor XXS O2	Electroquímico	0 - 25 Vol. -%	0,1 Vol. -%
DrägerSensor XXS CO	Electroquímico	0 - 2.000 ppm	1 ppm
DrägerSensor XXS CO HC	Electroquímico	0 - 10.000 ppm	5 ppm
DrägerSensor XXS NO	Electroquímico	0 - 200 ppm	0,5 ppm
DrägerSensor XXS NO2	Electroquímico	0 - 50 ppm	0,1 ppm
DrägerSensor XXS SO2	Electroquímico	0 - 50 ppm	0,1 ppm
DrägerSensor XXS H2S LC	Electroquímico	0- 100 ppm	0,1 ppm

El rango de temperatura de funcionamiento del Dräger X-am 5600, de: -20 a + 50 °C; Presión 700 a 1.300 bar; 20,7 a 38,4 pulgadas Hg y de Humedad relativa 10 a 95%

En caso de concentraciones de gas peligrosas, el equipo cuenta con alarmas óptica, acústica y vibratoria

### 6.5.2 PARTES DEL EQUIPO

El Dräger X-am 5600 cuenta con los siguientes componentes:





## ALARMAS

En situación de alarma, la iluminación de la pantalla se activa automáticamente. Los niveles de alarmas que se tienen son los siguientes:

### A1 ALARMA CONCENTRACIÓN GAS

Las alarmas sonora-, visual- y vibratoria se repiten periódicamente con tono simple; el carácter "A1" alternará en pantalla con la concentración de gas.

### A2 ALARMA CONCENTRACIÓN GAS

Las alarmas sonora-, visual- y vibratoria se repiten periódicamente, con doble tono; El carácter "A2" alternará en pantalla con la concentración de gas.

### A1 ALARMA BAJA BATERÍA

Las alarmas sonora-, visual- y vibratoria se repiten periódicamente. El Icono  parpadea en la pantalla. La alarma puede ser reconocida con la tecla "OK" -.

### A2 ALARMA BAJA BATERÍA

Las alarmas sonora-, visual- y vibratoria se repiten de forma periódica, el Icono  parpadea, el instrumento se apagará automáticamente en aproximadamente 10 segundos.

## ALARMA DE ERROR

Las alarmas sonora-, visual- y vibratoria se repiten periódicamente, el icono  aparece en pantalla.

### 6.5.3 USO Y OPERACIÓN

Para encender el Dräger X-am 5600, presionar y mantener la tecla “OK”-durante 3 segundos, La pantalla muestra los números 3-2-1, se encienden los LEDs, la alarma acústica suena y se activa la alarma vibratoria. El auto chequeo se inicia automáticamente y los iconos o símbolos especiales muestran un mensaje acerca del estado del equipo y el equipo se pone a punto (ceros) para ser utilizado.

Para apagar el equipo presione y sostenga el botón “+” y OK por 3 segundos; Iniciará un conteo regresivo: 3, 2, 1, ■ Suelte el botón.

Para calibración de aire fresco, ■ presione la tecla “+M “3 veces en secuencia.

El ícono de ajuste de aire fresco aparece en la pantalla:

Presione la tecla “OK”

Los valores reales son mostrados.

Presione a tecla “OK”.

Nuevamente “OK”

El ajuste de aire fresco ha finalizado.

*¡Este procedimiento se realiza hasta cuando haya desaparecido el ícono! de la pantalla.*

### 6.5.4 CUIDADOS ESPECIALES

El aparato no necesita cuidados especiales. Si el aparato está muy sucio puede lavarse con agua fría. Si es necesario utilícese una esponja para el lavado. Secar el aparato con un paño.

## 6.6 AUTORRESCATADOR

El Autorrescatador es un aparato o equipo personal, de protección respiratoria diseñado para escapar de atmósferas contaminadas o con deficiencia de oxígeno.

### 6.6.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Existen muchas clases de equipos autor rescatadores, los utilizados en la ejecución de las actividades mineras y labores de rescate minero son los que cumplen con la Resolución 958 de 2016 (Por la cual se modifica la Resolución número 368 del 26 de mayo de 2016) así:

1. El equipo debe proteger individualmente las vías respiratorias del usuario.
2. La temperatura de inhalación del equipo Autorrescatador en funcionamiento no debe superar los 60°C, lo cual protege las vías respiratorias de temperaturas altas.
3. El equipo debe permitir escapar de atmosferas contaminadas o con deficiencia de oxígeno.
4. El equipo debe proveer una autonomía mínima de 30 minutos en actividad a una tasa de flujo de 35 L/min.
5. Debe ser un Autorrescatador de oxígeno de circuito cerrado, es decir debe operar al 100% sin necesidad del ambiente externo.
6. El equipo debe contar en su interior con elementos de protección visual contra polvo, gases irritantes y vapores producto de la emergencia, para ser utilizado cuando se requiera el uso.
7. De activación e iniciación automática.
8. De fácil disponibilidad y uso.
9. De fácil disponibilidad y uso.
10. Debe ser un equipo debidamente certificado como equipo de protección respiratoria para escape en atmosferas toxicas o con deficiencia de oxígeno en labores mineras subterráneas y certificado en normas para operar en atmosferas con gases explosivos y polvo de carbón. La certificación, debe ser aportada por el fabricante del equipo o por el proveedor del mismo.
11. El equipo en conjunto debe ser antiestático y de resistencia al choque.
12. Debe poseer dispositivo y/o indicador que le permita al usuario de manera inmediata determinar el buen estado del equipo.
13. Debe ser libre de mantenimiento y/o pruebas.

### 6.6.2 PARTES Y USO

Se presentan las características de los Autorescatadores usados por la Agencia nacional de minería.

#### • **Autorrescatador CI - 30 KS**

Es un autorrescatador autónomo personal que utiliza oxígeno químico (KO<sub>2</sub>) para producir Oxígeno (O<sub>2</sub>) y absorber Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>). El CI-30 KS está diseñada para usarse en escapes de atmósferas con deficiencia de Oxígeno o irrespirables, en caso de accidentes subterráneos como: incendios, explosiones, liberación repentina de gases o polvo de carbón.

El equipo está diseñado para portar en el cinturón, es de activación automática e incluye gafas antienpañantes. Para activarlo se retira del cinturón y es fijado al cuerpo por las correas de cuello y tórax; también cuenta con un aislante térmico que protege al usuario del sobrecalentamiento. Está equipado con un indicador de humedad, que permite chequear la

hermeticidad del equipo directamente con una inspección del color. Véase Figura 6.8

*Figura 6.8 Autorrescatador CI-30 KS*



Fuente: ANM

Las características técnicas del equipo se muestran en la Tabla 6.6.2.1.

*Tabla 6.3. Características Técnicas de Autorrescatador CI-30 KS*

TASA NOMINAL DE DURACIÓN DE ACUERDO A:		
Escape de ambientes peligrosos (35 l/min)	30 min	
<b>Espera por rescate, (10 l/min)</b>	120 min	
Dimensiones:	Altura	203 mm
	Longitud	202 mm
	Ancho	116 mm
Temperatura de inhalación máxima	50 °C	
Contenido promedio de CO2	1,50%	
Resistencia de respiración máxima	1,0 Kpa	
Peso	2,5 Kg	
Vida útil	10 años para 5 días/semana y 8 h/turno	

• **Autorrescatador**

**ABRIDOR CON CIERRE**

- FABRICADO EN ACERO INOXIDABLE
- USO CON UNA SOLA MANO
- PROTECCIÓN CONTRA APERTURA ACCIDENTAL

**OJO DE SEGURIDAD (VENTANA DE ESTADO)**

- VENTANA DE ESTADO PARA CHEQUEAR CARTUCHO KO2
- ANILLO PARA COMPROBAR HUMEDAD EN EL CARTUCHO KO2
- INDICADOR DE EXPOSICIÓN A ALTAS TEMPERATURAS (OPCIONAL)
- MAYOR SEGURIDAD SIN NECESIDAD DE CHEQUEOS DEL EQUIPO ADICIONALES

**PROTECCIÓN DE GOMA CONTRA LA ABRASIÓN**

- PARA PROTEGER FRENTE A GOLPES Y RAYADURAS



**TAPA DE PLÁSTICO ROBUSTA**

- PARA PROTEGER A LA UNIDAD FUNCIONAL

**ANILLO DE SOPORTE**

- PERMITE UTILIZAR DIFERENTES ELEMENTOS

**CORREA PARA EL HOMBRO**

- PARA UNA MAYOR COMODIDAD

**6.7 PALANCA DE FRICCIÓN**

Equipo de forma cilíndrica o hexagonal utilizado como elemento de sostenimiento para evitar derrumbes de techos por acción de las presiones; se compone de una pieza inferior llamada cuerpo, tronco o cilindro que por su interior se desliza otra pieza llamada émbolo o espiga.

Dentro de las ventajas se tienen las siguientes:

- Soporte estable
- Livianos en relación con su capacidad de carga
- De fácil operación y mantenimiento
- Fácil cambio de posición
- Protección anti-corrosión

**6.7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL**

Las palancas de fricción y sostenimiento son elementos independientes para contener el techo en las explotaciones mineras, usados de manera regular en las acciones de rescate y salvamento minero.

## EQUIPOS UTILIZADOS EN SALVAMENTO MINERO

son utilizadas en minas subterráneas, en tajos y galerías, e igualmente para soportar la presión y tensión de las rocas en cualquier sector de la mina. Se pueden usar de forma independiente o como conjunto en cualquier tipo de construcción. a continuación, se presentan algunos parámetros técnicos de las palancas o estemples de fricción:

**Tabla 6.4. Parámetros Técnicos Básicos de Estemples Mecánicos Tipo VALENT SN-400**

PARAMETROS TECNICOS BASICOS DE ESTEMPLES MECANICOS TIPO VALENT SN-400					
TAMAÑO DEL ESTEMPLE	ALTURA MINIMA (MM)	ALTURA MAXIMA (MM)	ALTURA DEL PISTON (MM)	PESO TOTAL (KG)	CARGA MAXIMA (KN)
1	500	710	210	35,6	400
2	545	800	255	37,2	400
3	595	900	305	38,9	400
4	649	1000	351	40,8	400
5	709	1120	411	43	400
6	774	1250	476	45,3	400
7	848	1400	552	48	400
8	949	1600	651	51,6	400
9	1049	1800	751	55,3	400
10	1149	2000	851	58,9	400
11	1269	2240	971	63,3	400
12	1399	2500	1101	68	400
13	1549	2800	1251	73,4	315
14	1724	3150	1426	79,7	250
15	1924	3550	1626	86,9	250
16	2200	4000	1800	95,4	250
17	2450	4250	1800	98,5	250
18	2700	4500	1800	103,7	250

### 6.7.2 PARTES Y USO

La palanca de fricción está compuesta de las siguientes partes:

1. Zapata
2. Tronco (cuerpo)
3. Cerradura y cuña
4. Émbolo
5. Coronilla

#### La zapata

Consiste en la base donde se soporta la palanca.

#### El Tronco o cuerpo

En el interior de este se desplaza el émbolo

## Cerradura y Cuñas

Candado que asegura el émbolo por medio de las cuñas que lo conforman, para evitar que se desplace en el cilindro.

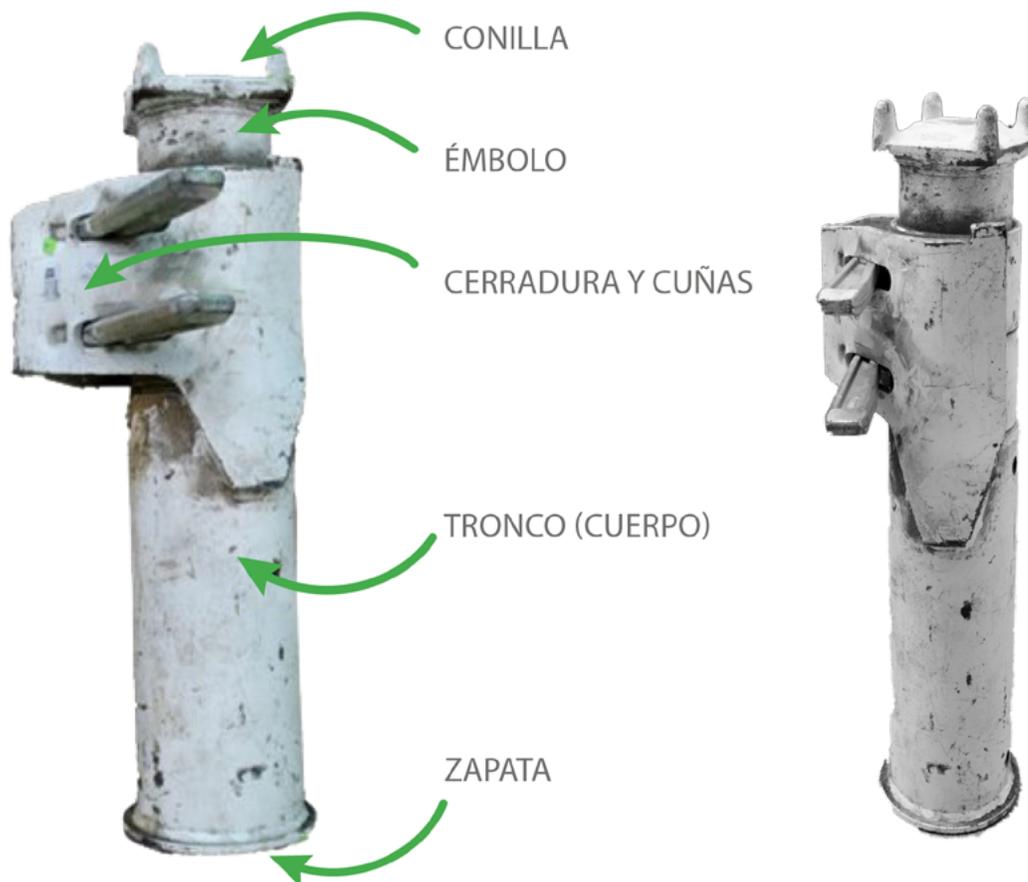
## Émbolo

También llamado espiga, se desplaza o penetra en el cuerpo o cilindro para alcanzar la altura de soporte necesaria y a sostener, es asegurado por medio del candado y las cuñas. Puede tener forma hexagonal o cuadrada.

## Coronilla.

Componente ubicado en el extremo superior del émbolo, se acopla a la estructura, elemento o parte a sostener.

153



Para instalar la palanca, prepare el sitio donde se va instalar, ajustar la graduación e instalar perpendicular al techo y al piso con ayuda del elevador de cremallera PHT y colocar la cuña.

## 6.8 VENTILADOR

### 6.8.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El Ventilador es un equipo diseñado para crear un flujo de aire dentro de una mina. El ventilador consta de un arreglo rotativo de aspas o palas para crear el flujo de aire. Está contenido dentro de una cubierta o carcasa, para dirigir el flujo de aire y aumentar la seguridad al impedir que los objetos entren en contacto con las aspas del ventilador.

154

En su mayor parte, los ventiladores son accionados por motores eléctricos, pero pueden utilizarse otras fuentes de energía. Los ventiladores producen flujos con alto volumen y baja presión.

Para más información sobre ventiladores y ductos de ventilación, Véase Capítulo 5.2.5

### 6.8.2 PARTES Y USO

Los ventiladores de flujo axial tienen aspas que hacen que el aire se mueva de forma paralela al eje sobre el cual giran las aspas. Este tipo de ventilador se utiliza en operaciones mineras, con protección intrínseca de seguridad (a prueba de explosiones). Véase Figura 6.8.2.

*Figura 6.9 Ventilador Axial*



El ventilador debe emplazarse con el eje del rotor en posición horizontal. El protector del ventilador a la entrada debe instalarse en todo momento durante la operación. El ventilador debe funcionar en un rango de temperatura de  $-200^{\circ}\text{C}$  a  $+40^{\circ}\text{C}$ .

La distancia entre la punta de las aspas del ventilador y la carcasa exterior debe ser 2-4mm.

El rotor no se debe acumular capas de polvo

#### 6.8.2.1 INSTALACIÓN DE UN VENTILADOR

Los ventiladores principales son instalados en superficie en construcciones especiales como extractores de aire. Para garantizar una operación eficiente y segura, cada ventilador debe ser instalado en un lugar de terreno estable, libre de fracturas, y equipado con instrumentos y accesorios para facilitar un mantenimiento adecuado.

Estos ventiladores pueden ser de tipo axial o centrífugo y se pueden instalar independientes o múltiples en serie o paralelo, dependiendo de los requerimientos de aire en la mina. Los ventiladores múltiples son utilizados en minas de gran profundidad y de grandes longitudes, para aumentar el caudal de aire sin aumentar mucho la presión, especialmente en minas de baja resistencia. Se debe tener en cuenta que estos ventiladores se deben instalar bajo condiciones especiales de cálculo y diseño.

Para una operación económica y eficiente, los ventiladores con todos sus componentes deben ser instalados y ensamblados de tal forma que permitan minimizar pérdidas de presión por choque y turbulencia

Un ventilador auxiliar o secundario se puede instalar de varias formas:

## Suspendido

Cuando el ventilador es sostenido por amarres de alambres y ganchos de anclaje.

## Con una base fija a los costados

Cuando el ventilador descansa sobre un soporte que va anclado a los costados o sostenimiento del respaldo de las vías.

## Instalación fija en piso

El ventilador se soporta sobre una base que descansa sobre el piso a un costado de la labor minera.

## Preparación del sitio e instalación de Ventilador

- Una vez seleccionado el sitio para la instalación del ventilador, deje el espacio libre suficiente alrededor del sitio para elevar el equipo e instalarlo de forma segura en su posición final (cumpliendo todos los protocolos de seguridad para realizar dicha actividad)
- Permita los espacios sufrientes para realizar el mantenimiento periódico del equipo y además para que este pueda ser desinstalado fácilmente.
- La ubicación debe ser estratégica, para reducir la cantidad de curvas y la longitud de los conductos.
- El aire suministrado a la labor minera debe ser libre de contaminantes, por lo que la toma del mismo por parte del ventilador debe ser de una fuente limpia.
- Instalar el ventilador de acuerdo al cálculo y diseño realizado.
- Elaborare implementar el procedimiento de trabajo seguro para el mantenimiento y operación del ventilas.
- Establecer e implementar programa

de mantenimiento para el ventilador y sistema de ventilación de la mina (Plan de Ventilación Decreto 1886 de 2015).

## 6.9 BOMBA P-1BA-EX (ELECTROBOMBAS)

La bomba es una máquina que transforma energía para mover el agua. El agua es aspirada, para luego ser impulsada por el impulsor que gira de manera continua, haciendo que el fluido pase rápidamente de la admisión a la salida, con gran caudal.

La bomba P-1BA-EX, es especial para el funcionamiento autónomo en minas subterráneas con riesgo de explosión de metano o de polvo de carbón.

### 6.9.1 PARTES Y FUNCIONAMIENTO

Todos sus componentes se encuentran sumergidos, dado que tienen una carcasa especial que las hace antioxidantes y anticorrosivas y pueden permanecer sumergidas en el agua.



**Tabla 6.5. Componentes principales de las bombas de agua**

<b>COMPONENTES PRINCIPALES DE LAS BOMBAS DE AGUA</b>	
Carcasa	Cuerpo que recubre el avance del fluido, con un tratamiento especial contra la corrosión.
Entrada y salida	Conductos por donde circula el agua (aspiración e impulsión).
impulsor, rotor	Dispositivo que impulsa el agua contenida en la carcasa, de tipo alabas o aspas.
Sellos, anillos y retenes	Permiten el perfecto sellado de la bomba, generando compresión interna.
Eje impulsor	Componente que sostiene el impulsor, para gire sobre el mismo.
Cojinetes o rodamientos	Elementos que sostienen el eje impulsor y permiten su giro.
Panel de Mandos	Dispositivo que permite el accionamiento y control de la bomba.
Motor	Permite mover el eje y el impulsor para realizar el desplazamiento del agua.

Con el tiempo, puede llegar a producirse corrosión en los elementos que sellan el motor. Por ello, es muy importante hacer un correcto mantenimiento de la bomba y todos sus componentes.

## **6.10 CÁMARA TÉRMICA Dräger UCF 6000, UCF 9000**

La cámara térmica es un dispositivo electrónico portátil para buscar puntos calientes potenciales y fuentes potenciales de ignición en un área.

### **6.10.1 DESCRIPCIÓN GENERAL**

La cámara térmica es un dispositivo electrónico portátil para medir la temperatura de un área. Se puede utilizar tanto en situaciones de peligro y con fuego como en ambientes normales. La cámara térmica ha sido diseñada para el funcionamiento con calor, humo y agua pulverizada.

Un sensor de luminosidad se encarga de que la luminosidad de la pantalla se ajuste a las condiciones de luz del ambiente.

La cámara térmica tiene una función automática de stand by; si no se sujeta por el mango, la pantalla se oscurecerá un 50 %. Un contador de cuenta atrás cuenta de 25 a 0 y después la pantalla se apaga. En cuanto la cámara térmica vuelva a sujetarse por el mango, la pantalla se activa de nuevo.

La cámara térmica tiene un puerto USB, mediante el cual las imágenes pueden ser transferidas a un ordenador.

En el cargador se puede cargar una batería, colocada en la cámara térmica, y una batería adicional, conectado a la red eléctrica mediante la fuente de alimentación. Para la instalación fija en un vehículo, existe, como accesorio, un juego de instalación para vehículos. En este caso, el cargador es conectado a la red eléctrica del vehículo a través de un cable de conexión. Cuando la cámara térmica se utiliza de manera fija, se puede conectar directamente a la red eléctrica mediante un adaptador de red. Véase Figura 6.10.1.

*Figura 6.10 CÁMARA TÉRMICA Dräger UCF 6000, UCF 9000*



## 6.10.2 PARTES Y USO

### Como usar o manejar el equipo

- Revise el indicador de condición de la batería; la luz verde debe ser continua, indicando que la batería está completamente cargada
- Presione el botón de encendido para iniciar la cámara
- Ajuste el enfoque de la cámara – sostenga la cámara firmemente en la mano, sujete el anillo de enfoque con la otra mano y ajuste según sea necesario
- Para usar el puntero, tire del gatillo superior para iniciar
- Para guardar una imagen, tire y libere el gatillo de la parte inferior para guardar una

imagen en la memoria de la cámara

- Para detener la cámara, pulse y mantenga presionado el botón de encendido durante más de medio segundo

### 6.10.3 CUIDADOS ESPECIALES

- Examine visualmente la cámara para detectar cualquier signo de daño
- Limpie la cámara con agua tibia o con una solución delicada de detergente
- La cámara infrarroja se debe limpiar con un líquido comercial para la limpieza de lentes que contenga más de 30% de etanol
- Use algodón una sola vez
- Las baterías recargables requieren 7 horas para cargar completamente

### 6.11 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Los elementos de protección personal necesarios para realizar las acciones de rescate corresponden al equipamiento mínimo de la cuadrilla de salvamento, dentro de los cuales se relacionan los siguientes:

- Botas de seguridad
- Trajes resistentes al fuego (Sugerido)
- Pantalones y chaleco resistentes al fuego (para uso en condiciones calientes y húmedas)
- Cinturón
- Lámpara de casco (intrínsecamente segura)
- Guantes mineros
- Protección para los ojos (cuando no se lleve el PSS BG4 PLUS)

- Tapabocas (cuando no se lleve el PSS BG4 PLUS)
- Casco de seguridad (compatible con PSS BG4 PLUS)
- Protección para los oídos
- Autorrescatador, cuando no se porte el PSS BG4 PLUS



Los elementos de protección personal, deben ser sometidos a cuidados y mantenimiento permanente.

### 6.12 EQUIPO ADICIÓN DE OXIGENO UPT1

La Instalación para el suministro de oxígeno UPT-1 sirve para suministrar el oxígeno a los socorredores mineros que trabajando con equipos respiratorios desfallecen o bien tienen dificultades con la respiración; también sirve como apoyo para el recambio de botella de oxígeno al socorredor.

La instalación se puede realizar en un ambiente no apto para la respiración normal.

La instalación del equipo UPT-1 hace parte del equipamiento de toda cuadrilla de salvamento minero que opera la acción.

#### 6.12.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El UPT-1 es un equipo portable de apoyo a equipos de oxígeno, es de fácil instalación, operación y de peso ligero.

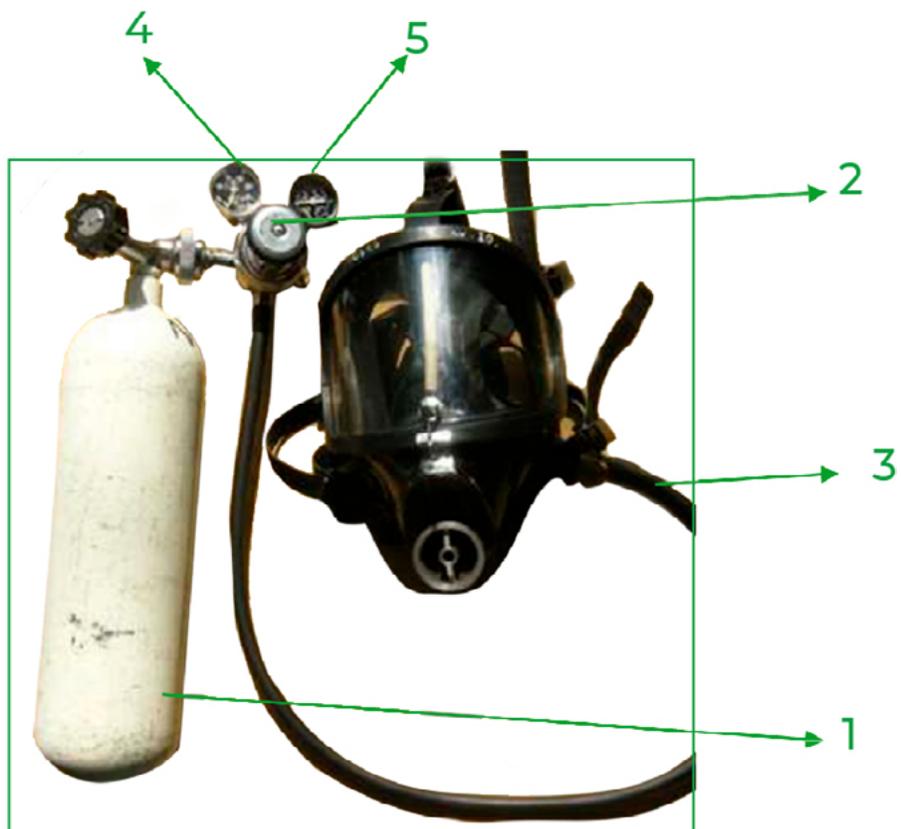
Tabla 6.6 Especificaciones técnicas UPT-1

SENSORES	
Masa de la instalación con la botella de 1L.	0.90 Kg. + 3.6 Kg.
Presión reducida	0-0.6 Mpa / 0-6 Kg/cm <sup>2</sup>
Dosificación de oxígeno	0 – 20 dm <sup>3</sup> /min.
Tiempo de acción	
Con dosificación de 10 dm <sup>3</sup> /min	40 min
Con dosificación de 20 dm <sup>3</sup> /min	20 min
Dimensiones extremas	125 x 105 x 80 mm
Conducto de oxígeno	
Longitud	1500 mm / diam. 5x2
Botella con rosca G 3/4	
Capacidad	2 dm <sup>3</sup> o de otra capacidad
Presión	20 Mpa / 20 Kg/cm <sup>2</sup>

### 6.12.2 PARTES Y USO

Las partes del Sistema son las siguientes:

1. Botella de oxígeno
2. Válvula de reducción.
3. Conducto de oxígeno. (tubito)
4. Manómetro alta presión.
5. Válvula de flujo (flujómetro).



## **OPERACIÓN**

Después de la apertura de la válvula de la botella, el oxígeno fluye desde la misma al tubo corto de la válvula de reducción y en el manómetro de presión se puede leer la reserva en la botella:

- Al desenroscado la llave de la válvula, el oxígeno fluye a la cámara de presión reducida.
- Su magnitud, así como el caudal puede leerse en la válvula de flujo o flujómetro. Desde el reductor el oxígeno fluye a través del conducto de oxígeno y por el tubito configurado.
- En un ambiente contaminado el tubito puede introducirse al socorredor por debajo de la máscara panorámica FPS 7000.
- La regulación del caudal de flujo se realiza girando la llave de la válvula de reducción.

### **6.12.3 CUIDADOS ESPECIALES**

- Limpieza de la instalación eliminando contaminaciones y el polvo.
- Recambio de los elementos de caucho gastados o envejecidos / juntas, conductos elásticos.
- Después de cada empleo del UPT-1 se debe desinfectar el conducto de oxígeno y el tubito metálico.
- La reparación de la válvula de reducción debe realizarse únicamente por operarios debidamente autorizados

La inspección debe realizarla el mecánico de equipos una vez al mes y después de cada empleo:

- Inspección del aspecto exterior, válvula de reducción, conducto de oxígeno con el tubito y con el estuche.
- Comprobación de las uniones de los elementos de alta presión.
- Inspección del flujómetro de oxígeno.

## **6.13 ELEVADORES MECÁNICOS**

### **6.13.1 DESCRIPCIÓN GENERAL**

Los elevadores mecánicos de tipo PK sirven para elevar o desplazar las cargas en cualquiera dirección. El elevador es herramienta universal siempre cuando se trate de cualquier tipo de trabajos de construcción, reparación y montajes. La carga elevada o la fuerza de desplazamiento no debe sobrepasar la capacidad de elevación del elevador.

El elevador es accionado por la manivela. Para grandes capacidades de elevación en condiciones de trabajo difíciles se aconseja el servicio efectuado por dos operadores. La

posición de la carga está mantenida por el mecanismo auto frenador de la manivela y sistema de trinquetes.

**Tabla 6.7 Características de los elevadores mecánicos**

Tipo	Capacidad de Elevación (Ton)	Esfuerzo en la manivela (Kg)	Peso (Kg)
PK 1,5	1,5	280	17
PK 3	3	350	20
PK 5	5	550	28
PK 10	10	580	46
PK 16	16	730	65
PK 20	20	800	90

### 6.13.2 PARTES Y USO

El elevador está conformado por el cuerpo, la cremallera y la manivela. El cuerpo lleva la cabeza portadora (en la parte superior) y la pata de apoyo (parte inferior). El momento de rotación es transmitido de la manivela a la cremallera mediante el mecanismo de transmisión. La manivela del elevador tiene montado el mecanismo auto frenador, y además es dotada de un sistema de trinquetes de protección.



Dependiendo de la intensidad del uso se debe una vez al año, como mínimo, efectuar la inspección técnica, junto con el repuesto completo de engrase del elevador. Si el elevador funciona habitualmente en un entorno fuertemente empolvado o agresivo, las inspecciones deben efectuarse con mayor frecuencia. Hay que engrasar (con grasa grafitada) todas las superficies de trabajo, y en particular la cremallera y las ruedas dentadas. Transcurridos de 3 a 5 años, es recomendable una revisión general en un taller de servicio por el fabricante o en un taller debidamente autorizado.

Los elevadores mecánicos pueden ser usados en las labores subterráneas mineras con riesgo de explosión de metano y con riesgo de explosión de del polvo de carbón.

### 6.13.3 CUIDADOS ESPECIALES

Durante el servicio se deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- No sobrecargar el elevador
- Durante el servicio del elevador el operador debe mantener distancia segura desde la carga elevada. Ninguna persona tampoco puede hallarse en la proximidad.
- El peso ubicado en el elevador no se debe ser sometido a esfuerzos dinámicos.
- El elevador estar en la posición vertical, sobre el suelo duro, rígido y sólido. En caso de necesidad emplear intercalaciones duras con superficies de resistencia mecánica adecuada.
- No se debe usar el elevador para elevar las cargas enclavadas, pegadas, heladas o bloqueadas al suelo o por abajo.
- Si el elevador funciona incorrectamente, está deteriorado o deformado se debe parar su uso.

## 6.14 CARE VENT DRA

### 6.14.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El equipo CARE VENT DRA resucitador automático de rescate, es un ventilador ligero, portátil, duradero y de fácil uso, estilo módulo de control, ventiladores de ciclo automático de tiempo / volumen. Es completamente neumático (no se requieren baterías) y brindan consistencia respiración a respiración en volumen corriente, frecuencia, tiempos inspiratorios / espiratorios y tasas de flujo.



Fuente: <https://inancal.com/product/carevent-dra/>

Diseñados principalmente para las demandas de rescate de emergencia, reanimación y transporte de pacientes de cuidados críticos. El equipo proporciona un medio seguro y eficaz de suministrar respiración a demanda o ventilación artificial a las víctimas que sufren dificultades respiratorias o paro cardíaco.

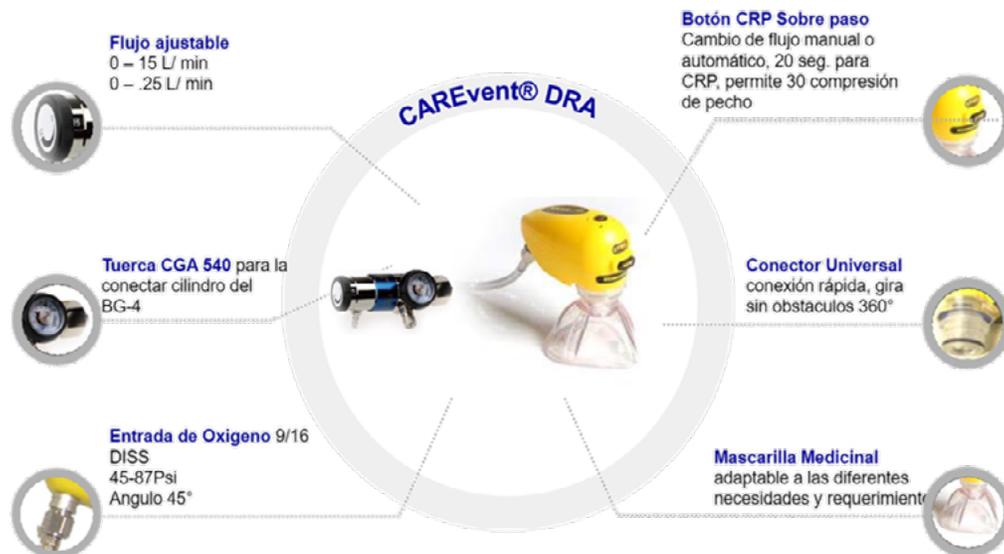
### 6.14.2 PARTES Y USO

CAREVENT DRA está Conformado por:

- Reanimador manual de rescate con manguera de suministro antiestático.
- Adaptador para máscara Panorama Nova

o FPS 7000 en SCBA / BG4.

- Regulador de caudal regulable 0 -25 Lpm con conexiones a cilindro de oxígeno
- Adicional máscara Panorama Nova o FPS 7000 en SCBA / BG4 y botella de Oxígeno.



Fuente: <https://www.draeger.com/>

Antes de cualquier acción tenga en cuenta que los equipos serán suministrados únicamente por los mecánicos de equipos o personal autorizado en la atención de una emergencia o en las capacitaciones suministradas por la Agencia Nacional De Minería.

Para la manipulación de los equipos en salvamento minero tenga en cuenta que siempre es muy importante estar en una posición de seguridad para evitar lesiones y alteraciones musculares extrínsecas. Todos los equipos participes en una acción de salvamento o capacitación deben estar listos para su uso.

**Inspección visual: Inicie una revisión del equipo externo en el cual verifique:**

- **Etiqueta de calibración:**

Identifique que el equipo este dentro de su fecha de límite de comprobación y que se pueda visualizar el nombre y firma de la persona responsable de dicha

verificación.

- **Manguera de conexión:**

Identifique si la manguera de conexión que va desde el CARE VENT DRA hasta el reductor de presión combinado, se encuentren mal acopladas o que estas presenten fugas.

- **Revisión CARE VENT DRA:**

Revise que el adaptador CQ se encuentre debidamente colocado en el equipo CARE VENT DRA, que su diafragma interno no se encuentre cuarteado o fisurado y que él o-ring se encuentre bien instalado, y que en sus componentes no se identifiquen líquidos o sólidos que impidan el buen funcionamiento del mismo.

- **Cilindro de Oxígeno:**

Verifique que este no posea golpes, fisuras o agrietamientos y que en la parte de la rosca o la válvula de la botella se encuentre en perfecto estado, si es posible verifique la fecha de su prueba hidrostática.

**• Reductor de presión combinado:**

Verifique que sus válvulas no posean resquebraaduras, que sus orificios de entrada y salida no posean líquidos o sólidos que no permitan el paso del aire por el mismo, que el flujo-metro se encuentre en 0 y que el manómetro este en perfecto estado.

**• Mascara Panorama Nova P:**

Verifique que el clic del botón funcione correctamente, que la válvula y su máscara interior se encuentren en perfecto estado, el visor no posea agrietamientos o rayones que no permitan la visibilidad adecuada, el marco de sujeción se encuentre en perfecto estado, el arnés no esté cortado o sin hebillas, el cuerpo de la máscara no debe poseer fisuras, grietas o raja y que la válvula de exhalación junto con su tapa se encuentren debidamente acopladas y sin raja o quiebres en esta.

**Prueba de funcionamiento:**

Después de tener todo el equipo acoplado y sin conectarlo a la máscara panorama nova, abra lentamente la válvula de la botella girándola en dirección contraria de la posición del reductor de presión combinado, después verifique la presión de la botella directamente en el manómetro incluido en el reductor de presión, el equipo empezará a trabajar de manera automática generando una ventilación entre 5 y 6 segundos aproximadamente. “el equipo emite un sonido de escape de aire en el adaptador CQ”.

Instalación del equipo CARE VENT DRA al paciente:

- Siga los protocolos de atención pre hospitalaria y primeros auxilios y realice la instalación de la máscara Panorama Nova P al paciente, verifique que le quede debidamente fijada en la cara de tal manera que no se generen fugas y

que el arnés este bien ajustado.

- Realice los pasos de prueba de funcionamiento del equipo, espere que el equipo genere 2 ventilaciones y posterior a este acople el equipo CARE VENT DRA con la máscara panorama.

**Nota:**

Mientras se realiza la instalación de la máscara al paciente, una segunda persona puede realizar el procedimiento de prueba de funcionamiento, de tal manera, que cuando se termine de instalar la máscara en ese preciso momento se acople el CARE VENT DRA a la máscara.

**6.14.3 CUIDADOS ESPECIALES**

Como regla general para el equipo CARE VENT DRA se deben tener en cuenta los siguientes cuidados:

- Inspeccione el conjunto de la manguera en busca de daños antes y después de su uso. Si encuentra alguno, realice la LIMPIEZA
- Limpie el exterior del producto con un paño limpio, humedecido con una solución de limpieza suave.
- No sumerja el producto en ningún tipo de líquido

**Consideraciones adicionales:**

- La conexión a la fuente del cilindro realizarse utilizando sólo el Acoplamiento indexado
- Inspeccione el conjunto de la manguera en busca de daños o contaminación por partículas ajenas antes de usar y almacenar el producto.
- Almacene en condiciones limpias y secas, lejos del calor y la luz.

- Nunca intente conectar el conjunto de la manguera a una fuente de presión superior a la presión máxima de Werki de 200 PSI (13,7 bar) a + 70 ° F (+ 20 ° C).
- Nunca intente operar el producto a temperaturas fuera del rango de operación especificado, es decir, de 0 ° F (-18 ° C) a + 150 ° F (+ 65 ° C).
- Se recomienda tener siempre una manguera de repuesto instalada en el punto de uso. De acuerdo con las condiciones de temperatura ambiente. La presión máxima permitida disminuye a medida que aumenta la temperatura.

## TEST DE RETROALIMENTACION

1. Haga un dibujo del PSS BG4 PLUS indicando sus componentes principales.
2. Describa de manera general el funcionamiento del PSS BG4 PLUS
3. Describa los pasos a seguir durante la revisión previa antes del uso del PSS BG4 PLUS
4. Describa los pasos a seguir durante la colocación y puesta en uso del PSS BG4 PLUS
5. ¿Qué es y cómo funciona el sistema de comunicaciones?
6. Describa los pasos necesarios para colocar en operación un monitor de gases
7. Describa los pasos necesarios, para la puesta en operación de un autorrescatador.

# CAPÍTULO

# 07



## **RESPECTO**

El Socorredor minero debe dar a las personas un trato digno, cortés, cordial y tolerante, reconociendo y aceptando las diferencias inherentes al ser humano

## 7 . ATENCIÓN PREHOSPITALARIA

Un aspecto de suma importancia dentro del rol del Socorredor Minero es la adecuada prestación de la atención pre hospitalaria, lo que implica tener el conocimiento para cumplir con los objetivos de salvar la vida manteniendo el aporte de oxígeno al organismo principalmente al cerebro, cuyo indicativo son los signos vitales; evitar complicaciones para que el restablecimiento se alcance en el menor tiempo posible; ayudar a la recuperación con una correcta intervención para que una lesión no deje secuelas irreversibles, acorde a los protocolos establecidos en la atención pre hospitalaria los cuales han sido ajustados a las actividades de salvamento minero.

El presente capítulo detalla los procedimientos a seguir cuando es necesario brindar atención pre hospitalaria durante la atención de una emergencia minera por parte del Grupo de Seguridad y Salvamento Minero.

Como fuente adicional de consulta la Agencia Nacional de Minería pone a disposición del lector videos prácticos sobre la forma de realizar una adecuada intervención pre hospitalaria, los cuales pueden ser consultados en el canal de YouTube™ de la ANM.





## 7.1 MANDAMIENTOS DEL SOCORREDOR MINERO

- **Primero yo, segundo yo, tercero yo, cuarto la víctima:** El objetivo es que el socorredor no sea una víctima más.
- **Actuar mínimo en parejas:** Garantiza un apoyo mutuo y trabajo en equipo minimizando el riesgo.
- **Utilizar todos los Elementos de Protección Personal (EPP):** Protección para cabeza, órganos de los sentidos, manos, pies y piel.
- **Asegurar una línea de vida:** concepto que implica prever el auto salvamento.
- **Nunca suponer:** Siempre hay que estar seguros, el suponer y equivocarnos nos puede costar la vida.

### 7.1.1 RECOMENDACIONES

- **Visión de túnel:** evitar entrar en visión de túnel (enfocarnos exclusivamente en el paciente) y mantener dominio de todo el escenario en tiempo y espacio.
- **Cuatro pasos más adelante:** evitar limitarse al análisis y accionar del momento y proyectarse más adelante en el tiempo evitando así tener que devolvemos para volver a comenzar por errores que se pudieron haber previsto.

## 7.2 SIGNOS VITALES

El cuerpo humano está conformado por células que necesitan de oxígeno, agua, alimento y calor para producir energía y estar vivas, sin embargo, la ausencia de agua y alimento no las matará inmediatamente, ni siquiera en la primera semana; mientras que la carencia de oxígeno si lo hará en aproximadamente 3 minutos, por lo tanto, es uno de los factores para tener en cuenta

en el primer auxilio, junto con la hipotermia (disminución de la temperatura del cuerpo por debajo de lo normal) cuyo efecto negativo no será inmediato, pero si a corto plazo.

Los signos vitales dependen del mecanismo de vida el cual inicia con la inhalación mediante la entrada de aire con oxígeno a los pulmones, el cual pasa a la sangre a través de las arterias para ser transportado por los glóbulos rojos los cuales se desplazan por el torrente sanguíneo producto de la fuerza de bombeo impartida por el latido del corazón; el oxígeno llega a las células y los glóbulos rojos recogen el dióxido de carbono, producto tóxico de desecho de la producción de energía de la célula, y llevarlo por las venas nuevamente al pulmón siendo expulsado en la exhalación. Mientras se mantenga este proceso, se mantiene la vida.

#### Los signos vitales son:

- **Respiración:** Nos indica que hay entrada de aire a los pulmones. Se valora mediante la técnica del MES (Mirar, escuchar, sentir) mirar excursión del tórax, escuchar y sentir la salida del aire en las fosas nasales del paciente.
- **Pulso:** Indicativo de que el corazón está bombeando. Se valora palpando la expansión rítmica de la arteria al paso de la sangre en la arteria carótida, pulso carotideo, con la yema de los dedos índice, medio y anular en la hendidura del cuello al lado de la manzana de Adán (Cartílago tiroides).
- **Presión arterial:** Nos indica la fuerza con que se desplaza la sangre en el momento de la contracción del corazón (presión sistólica) y con la que se sigue desplazando cuando el corazón se relaja (presión diastólica), si está muy baja el glóbulo rojo no alcanza a llegar

a la célula para entregar el oxígeno y si está muy alta puede romper las arterias principalmente cerebrales, se puede utilizar un tensiómetro digital.

- **Temperatura:** Se necesita un equilibrio entre la producción y la pérdida para un adecuado funcionamiento (metabolismo) del organismo indispensable para la vida. Valor normal 37°C (se mide utilizando un termómetro preferiblemente timpánico).

**Nota:** Debido a que no se porta permanentemente un tensiómetro y un termómetro, se diagnostica al paciente por medio de la respiración y pulso en el primer auxilio.

169

### 7.3 PROTOCOLO DE ATENCION INICIAL – ABORDAJE

**1. Asegurar la escena:** implica desarrollar los siguientes pasos en estricto orden:

- **Primero:** no riesgos para el socorredor según estándares establecidos por la ANM (Protección biológica con el paciente).
- **Segundo:** disminuir riesgos para el paciente.

**2. Aproximación a la víctima:**

- **Defensiva:** atento a retroceder o protegerse de eventual respuesta agresiva del paciente, y en lo posible de frente al paciente para evitar gire la cabeza buscando al socorredor y complique una lesión cervical.

• **Con estimulación:**

**Sonora:** llamarlo en voz alta

aprovechando para presentarse y palmoteo.

**Táctil:** Tocar al paciente preferiblemente en los hombros, en su defecto donde la situación lo permita (nunca en la cara, solo se toca la cara para acariciar o agredir y no es el caso, además de arriesgarnos a provocar que el cuello se gire).

• **Buscando hemorragia externa:**

Observando sangrados visibles importantes.

Controlando sangrados visibles importantes.

**3. Signos vitales:**

• Detección de pulso carotideo y MES al mismo tiempo, entre 5 y 10 segundos.

**4. Se continúa activación del sistema:**

• Al activarnos con la emergencia se solicita el apoyo necesario en salud.

• Al acceder a la víctima se reporta los hallazgos iniciales para continuar el enlace de la información con los organismos de apoyo en salud.

**Nota:** No olvidar solicitar un desfibrilador externo automático (DEA)

**5. Inicio de intervención según:**

• **Pacientes sin signos vitales:** Reanimación cardio pulmonar RCP

• **Paciente con signos vitales:** Valoración primaria inicial ABCD

**6. Inmovilización cervical:**

Siempre en caso de trauma se debe proteger la columna vertebral manteniéndola alineada principalmente en su porción cervical que es la más lábil evitando así daños irreparables en la médula espinal y sus raíces nerviosas, que podría generar invalidez o muerte, desde el inicio de la atención preferiblemente.

**Técnica**

• **Puntos de apoyo:** Pómulos, ángulo del maxilar inferior (mandíbula en la unión de su parte horizontal con la vertical) y base del occipital (hueso posterior del cráneo). Al menos dos de los tres según las circunstancias.

• **Elementos de fijación:** dedos meñiques, anular y medio en bloque, índice y pulgar.

**Ejemplos:**

En paciente acostado boca arriba (decúbito dorsal)

Dedos pulgares al mentón, índices a los ángulos del maxilar inferior y meñiques, anulares y medios a la base del occipital.

En paciente sentado

Dedos pulgares a la base del occipital, índice a los pómulos y meñique, anular y medios a los ángulos del maxilar.

Colocar un inmovilizador cervical.

### 7.3.1 PACIENTE SIN SIGNOS VITALES

#### Reanimación cardiopulmonar (RCP)

¿Cómo?: En el siguiente orden

#### C. Compresiones cardiacas: 30

##### A. Permeabilización de la vía aérea:

Revisión y cánula oro faríngea.

##### B. Ventilación: 2

#### C. Compresiones cardiacas

El paciente debe estar sobre una superficie sólida.

#### Objetivo

Comprimir el corazón entre el esternón (hueso del centro en la cara anterior del tórax) y la columna vertebral con una profundidad mínimo de 5 cms y máximo de 6 cms, (un tercio de la altura del tórax) para que impulse la sangre y permitir que se expanda nuevamente para su llenado con una frecuencia entre 100 y 120 compresiones por minuto (lo más rápido que se puedan hacer bien), suspenderlas cuando sea estrictamente necesario.

**Punto de referencia:** mitad inferior del esternón.

#### Técnica

En el punto de referencia se coloca una de las manos apoyada solo en su base para que se concentre la fuerza en ese punto, la otra mano sobre la anterior en la misma posición con los dedos entrelazados para facilitar el mantenerlos levantados y así solo comprimir con la base de la mano, los miembros superiores completamente

estirados y perpendiculares al tórax, para lo cual se debe estar lo más cerca del paciente bien sea de rodillas o de pie según el caso.

La fuerza se debe aplicarla con el peso del cuerpo y no con la fuerza de los brazos.

#### A. Permeabilización vía aérea

El paciente en estado de inconciencia o paro cardiorrespiratorio se encuentra con los músculos relajados y la lengua por ser un músculo se relaja también escurriéndose hacia posterior obstruyendo la vía aérea causando la muerte del paciente sin su detección, por esto se resalta la importancia del cumplimiento de los protocolos expuestos en orden estricto porque así se dan las causas de paro y muerte por tanto en ese mismo orden debe ser su valoración e intervención.

#### Técnica

Inicialmente y solo antes de las primeras dos ventilaciones hago una apertura suave de la boca para observar si existe algún cuerpo extraño, caso en el cual lo extraigo con una pinza para cuerpo extraño y luego:

En paciente sin sospecha de trauma:

Maniobra frente mentón, así: Ligera extensión del cuello llevando el mentón al cielo, colocando una mano sobre la frente y con la otra pinzar el mentón con el índice y el pulgar para elevarlo y al mismo tiempo abrirle la boca, con esta maniobra se posiciona la lengua correctamente no obstruyendo el paso del aire, se aprovecha para observar si existe algún cuerpo extraño el cual se

extraerá con una pinza preferiblemente o con el dedo meñique entrando por la cara interior de la mejilla para abordar el cuerpo extraño de dentro hacia afuera y no correr el riesgo de introducirlo más, nunca hacer barrido a ciegas, o secreciones las cuales se retirarán con un succionador manual si se tiene, con una cánula rígida que se introducirá pegada a la cara interna de la mejilla para evitar hundir un cuerpo extraño y se realizará la succión de adentro hacia afuera.

En paciente con sospecha de trauma, o que no se sepa qué le pasó: Triple maniobra para evitar mover la columna manteniéndola alineada, por lo que no se puede hacer extensión del cuello, así:

Manteniendo la columna recta y estable se apoyan las bases de los pulgares en los pómulos, las yemas de los dedos índices, medios y anulares en los ángulos del maxilar inferior para empujarlos hacia el cenit y con las yemas de los pulgares empujar suavemente para abrir la boca, con esta maniobra se consigue el efecto deseado, el proceso faltante es igual.

Si se cuenta con una cánula oro faríngea se procede a colocarla, midiéndola primero desde la comisura labial hasta el ángulo del maxilar inferior e insertándola en forma contaría a cómo quedará colocada inicialmente y luego girándola a la posición correcta, lo que posicionará la lengua no siendo necesarias ninguna de las dos maniobras anteriores.

### B. Ventilación

En el intercambio de gases entre el pulmón y la sangre el oxígeno fluye hasta que las concentraciones se igualan en



ambas partes, quedando un remanente en el pulmón que sería el que se podría aportar al paciente en la respiración boca a boca o boca accesorio boca.

#### Técnica

En la posición en la que se está en A. se sella completamente la boca del paciente con la del reanimador utilizando un mecanismo de barrera como protección, de los cuales hay diferentes, tipos se insufla la cantidad de aire que da una respiración normal girando ligeramente la cabeza para ver el llenado y vaciado completo en el tórax.

- Y para el caso de paciente sin sospecha de trauma con el índice y pulgar de la mano que está apoyada en la frente se sellan las fosas nasales



- Y en el paciente con sospecha de trauma o que no se sepa qué le pasó la oclusión de las fosas nasales se hace con nuestra mejilla.

- Si se posee un dispositivo con máscara la parte más angosta de esta se apoya en la base de la nariz procurando un cierre hermético en nariz y boca con la técnica de la C y la E; el dedo índice y pulgar en forma de C sobre la máscara y los otros tres en el maxilar inferior para ayudar al cierre (forman E con índice y pulgar).

### Protocolo RCP

1. Reanimar durante dos minutos, dos minutos equivalen a cinco ciclos, un ciclo son 30 compresiones y dos ventilaciones.
2. Tomar pulso carotideo.

3. Si no hay pulso nuevamente 5 ciclos y verificar pulso, repetir si persiste ausencia de pulso.

4. Si hay pulso verificar respiración

5. Si no respira suministrar 1 ventilación cada 6 segundos durante dos minutos es decir 20.

6. Verificar pulso

7. Continuar según hallazgo.

8. Si hay pulso y respira posición de seguridad o iniciar valoración ABCDE

9. Desfibrilación externa automática con el DEA (Desfibrilador externo automático)

Inmediatamente se cuenta con el DEA utilizarlo.

173

Seguir instrucciones

Suspender la reanimación lo menos posible

**Nota:** en caso de dos reanimadores el protocolo no cambia uno comprime y el otro ventila y cambian cada 2 minutos es decir 5 ciclos

### DEA - (DEFIBRILADOR EXTERNO AUTOMÁTICO)

#### Instrucciones:

Utilizar apenas se cuenta con el si la atmósfera es segura.

1. Destapar el DEA

2. Encender el DEA

3. Pegar las almohadillas en el tórax según indican figuras en el DEA (cara anterior, superior, derecha del tórax y

costado lateral, inferior, izquierdo del tórax), el tórax debe estar seco y lampiño. No sobre implantes de medicamentos subcutáneos ni marcapasos. (El DEA envía una descarga de almohadilla a almohadilla, lo que se necesita es que pase por el músculo cardiaco).

4. Conectar los electrodos de las almohadillas al DEA.

5. A la orden del DEA no tocar al paciente para permitir lectura.

6. Si el DEA ordena descarga, esperar se cargue hasta que el botón de descarga parpadea, **ASEGURARNOS QUE NADIE ESTE EN CONTACTO CON EL PACIENTE**, ni directa ni indirectamente como a través del agua de un charco, responsabilidad de quien está operando el DEA (En voz alta dice y verifica "me retiro, se retiran, todos retirados"), oprime el botón de descarga.

7. Continuar reanimación

8. Esperar dos minutos o 5 ciclos de reanimación para nueva lectura que el DEA hará automáticamente o en su defecto se hará manualmente.

### **Anotaciones:**

El corazón puede antes de dejar completamente de contraerse entrar en fibrilación ventricular que consiste en que el músculo cardiaco se contrae en forma imperceptible, desordenada y rápida no generando ninguna actividad circulatoria, que es cuando la descarga del DEA aplica intentando llevarlo a una nueva contracción eficaz.

El DEA solo lee cuando el corazón está fibrilando, no diferencia entre paro total (asistolia) o contracción normal (recuperación de la circulación espontánea RCE) por lo que si en la lectura ordena seguir reanimando

entonces se debe tomar el pulso carotideo para cerciorarnos si recupero las contracciones o sigue en paro, en lo que se aplica el protocolo.

En la utilización del DEA aplicando el concepto que se debe suspender la reanimación lo menos posible, los únicos momentos en que se suspende la misma son:

- Mientras el DEA hace la lectura.

- Cuando se aplica la descarga, mientras el DEA está cargando se puede continuar la reanimación.

- Cuando el DEA ordena continuar la reanimación y al tomar el pulso carotideo ya se ha recuperado.

### **CAREvent DRA**

Equipo automático Dräger de apoyo ventilatorio en atmosferas irrespirables, cuyo uso en RCP es:

1. Al encontrarse en atmosfera irrespirable, coloque la cánula oro faríngea si cuenta con ella (Recuerde medirla primero) y luego la máscara en la cara de la paciente herméticamente, conectada al CAREvent DRA y este a la fuente de oxígeno, abra la válvula.

2. Verifique pulso carotideo si la escena lo permite, de lo contrario a la primera oportunidad durante la extracción del paciente.

3. No se necesita ninguna otra acción sobre el equipo, si el paciente respira le suministrará el oxígeno a demanda, de lo contrario administrará una ventilación cada 6 segundos.

4. Cuando detecte que el paciente no tiene pulso inicie compresiones cardiacas si la escena lo permite o a

la primera oportunidad durante la extracción, dejando que le CAREvent DRA se encargue de las ventilaciones de la siguiente manera: Oprima el botón CPR del equipo, es el único con que cuenta esto hará que envíe dos ventilaciones 20 segundos después de haber sido oprimido dando tiempo a que se realicen las 30 compresiones, cumpliéndose 1 ciclo.

5. Para el siguiente ciclo oprima nuevamente el botón CPR para que administre las dos ventilaciones a los 20 segundos, tiempo en que el reanimador efectuará las 30 compresiones y así sucesivamente hasta completar los 5 ciclos, tomar pulso y continuar como se especifica en el protocolo de RCP.

6. Continúe el protocolo par RCP como está establecido, cuando el paciente recupere el pulso, suspenda las compresiones y permita que el CAREvent DRA se encargue del soporte ventilatorio, pero se debe estar atento a verificar el pulso cada dos minutos o cuando el equipo haya suministrado 20 ventilaciones y continuar según protocolo.

### Finalización de la reanimación

- Cuando el paciente recupere pulso y respiración (RCE).
- Cuando físicamente el reanimador no pueda mas
- Cuando sea remplazado por otro reanimador
- Cuando un médico indique que no se haga más, que no necesariamente debe estar presente.

**Nota:** Cuando se esté en una atmósfera respirable y el paciente no tolere la mascar del CAREvent DRA, se puede cambiar por una máscara facial conectada a la fuente de oxígeno a 15 litros minuto.

Cuando el paciente recupere la circulación espontánea se procede a colocarlo en posición de seguridad es decir de cúbito lateral mientras se entrega al sistema de salud o se procederá a la valoración de paciente con signos vitales para tratar de sospechar la posible causa de paro cardio respiratorio.

## 7.3.2 PACIENTE CON SIGNOS VITALES

PACIENTE INCONSCIENTE:

175

Valoración primaria **ABCD**:

- **A.** Vía aérea permeable.
- **B.** Respiración.
- **C.** Circulación.
- **D.** Estado neurológico.

**A. Vía aérea permeable:**

- Búsqueda cuerpos extraños y secreciones en cavidad oral (según protocolo visto).
- Evitar obstrucción por la lengua, maniobra frente mentón o triple maniobra en caso de trauma.
- Cánula oro faríngea. (Siempre y cuando la tolere).

**B. Respiración:**

- Apoyo con oxígeno por mascara a 15 litros minuto (nunca por cánula nasal, no aporta la fracción inspiratoria de oxígeno necesaria).
- Examen del tórax: (Inspección, palpación, percusión, auscultación) según entrenamiento.

- Examen del cuello, inspección tráquea y venas yugulares según entrenamiento.
- Examen del tórax:

**Inspección:** Se observa el tórax a la misma altura del mismo no desde arriba para evitar errores de paralaje, verificando que los dos hemitórax estén excursionando sincrónicamente y que no haya áreas que se hundan en la inspiración (respiración paradójica), heridas, cuerpos extraños, salida de sangre o líquido, quemaduras.

**Palpación:** Tocando con los dedos apoyando una mano sobre la otra, se examina de arriba abajo y comparando el lado derecho con el izquierdo, buscando aire debajo de la piel (enfisema subcutáneo), dolor, deformaciones, desplazamientos anormales.

**Percusión:** Si se cuenta con el entrenamiento comparativamente siempre buscando sonoridad (normal), timpanismo (exceso de aire, anormal), matidez (sólido, anormal).

**Auscultación:** Según entrenamiento, buscando ventilación clara, débil o ausente

- Examen del cuello

**Tráquea:** verificar que se encuentre central y no desplazada hacia ninguno de los lados.

**Venas yugulares:** que su aspecto sea normal que no sean invisibles (colapsadas) o demasiado llenas (ingurgitadas.)

- Hallazgos y manejo: Se debe tener en cuenta siempre problema encontrado problema solucionado y problema solucionado, problema nuevamente revisado.

Los hallazgos importantes por su riesgo y pronto manejo son:

**Tórax inestable:** Múltiples fracturas costales continuas que producen respiración paradójica, llevando a insuficiencia respiratorio cuyo manejo es médico y urgente, con control del dolor, por lo que debe ser reportado inmediatamente y trasladado lo más pronto posible, en primeros auxilios se han aplicado medidas heroicas como vendaje o colocación de peso cuya eficacia no ha sido demostrada.

**Heridas abiertas:** en el primer auxilio sellamiento de la herida con apósito o con plástico cortado de las bolsas de líquidos endovenosos, fijándolo por sus costados superior y laterales, para efecto de válvula

**Neumotórax a tensión:** En lo que se encuentra, el hemitórax comprometido más insuflado que el contralateral, timpánico a la percusión y con ventilación disminuida o ausente, con o sin herida externa pero que está generando presión sobre el pulmón empujándolo y haciendo que se desvíe la tráquea hacia el lado contra lateral y que las venas yugulares se ingurgiten, su manejo es médico y urgente, por lo que debe ser reportado inmediatamente y trasladado lo más pronto posible.

**Hemotorax:** Ruptura dentro del tórax con o sin herida externa con abundante

pérdida de sangre que inhabilita el pulmón, se encuentra herida externa cuando la hay, no se desplaza el hemitórax en la respiración, matidez a la percusión, sin ruidos ventilatorios, las yugulares colapsadas. Manejo de la herida si la hay según lo visto, y manejo médico urgente.

**Cuerpo extraño incrustado:** no se debe retirar sino fijarlo para el traslado.

Importante tener en cuenta en caso de quemaduras el compromiso de las vías respiratorias bien sea por inspección directa o por sospecha, por que necesitaría intervención médica pronta para una intubación oro traqueal temprana.

Hacer estos diagnósticos en el primer auxilio puede salvar la vida por detectar la urgencia del traslado y poder reportar a los organismos correspondientes para su efectivo manejo.

### C. Circulación:

- Búsqueda y control de sangrado, examen de la pelvis.
- Llenado capilar.
- Color, sudoración, temperatura en manos.
- Pulso radial.
- Tensión arterial si se cuenta con los recursos.
- Canalización si se cuenta con los recursos.
- Auscultación cardíaca según entrenamiento.
- Nuevamente examen del cuello

**Sangrado:** El sistema circulatorio funciona como un sistema hidráulico una bomba (corazón) y una tubería (arterias), la pérdida de líquido en este caso sangre baja la presión, impidiendo que los glóbulos rojos lleguen hasta la célula a entregar el oxígeno.

Manejo mediante la aplicación de compresión con una tela limpia, gasa, apósito, compresa, que al impregnarse no debe ser removida por que se removería la capa de fibrina que se está formando para detener el sangrado, se coloca otra sobre la anterior que esta última si puede ser removida todas las veces que sea necesario, adicional a esto se levanta si es posible la parte sangrante lo más arriba posible del corazón para disminuir la presión sanguínea en el área y facilitar la detención de la hemorragia, se puede hacer con un vendaje compresivo más ¡no! torniquete, este sistema detiene la mayoría de las hemorragias inclusive en amputaciones, el torniquete es la última, opción en caso de no poder detener el sangrado, o en caso de múltiples pacientes con sangrado masivo, teniendo siempre presente que debe estar en manejo hospitalario antes de 2 horas. El vendaje se debe colocar siempre de distal a proximal para evitar retención sanguínea distal en las venas lo que es doloroso.

Valoración de la pelvis la cual se hará con:

**Libro abierto:** Presión suave hacia afuera con las manos sobre las crestas iliacas anterosuperiores.

**Libro cerrado:** Presión suave hacia adentro con las manos sobre las crestas iliacas anterosuperiores.

**Pubis:** Presión suave con una mano sobre el hueso pubis hacia abajo.

Con uno solo de estos signos positivo se sospechará fractura de pelvis y se procederá a su inmovilización mediante la colocación de un cinturón o similar a la altura de las cabezas del fémur y cerrándolo firmemente. (En una fractura de pelvis se pueden perder 2

litros del volumen sanguíneo rápidamente.

**Llenado capilar:** Al observar a través de la uña se ve un fondo (lecho ungueal) de color rojo, si se presiona esta entre nuestro pulgar e índice el lecho ungueal se torna blanco, pero en menos de dos segundos recobra su color natural indicándonos que la sangre está llegando eficazmente (perfusión distal), si tarda más de dos segundos nos indica si no hay hemorragia externa que se está frente a una hemorragia interna y cuanto más demore mayor la gravedad = shock hemorrágico.

Color, sudoración, temperatura en manos: manos pálidas, sudorosas, frías, son signo de shock hemorrágico

**Pulso radial:** Con la misma técnica que para la detención del pulso carotideo pero aplicado en la cara anterior del antebrazo, porción distal en su mitad externa, en este caso si nos interesan sus características, entre las cuales frecuencia, ritmo, amplitud.

**Frecuencia:** cantidad de veces que se repite en un minuto valor promedio entre 60 y 90 pulsaciones por minuto, su incremento (taquicardia) puede ser indicativo de shock hemorrágico y su disminución (bradicardia) compromiso crítico.

**Ritmo:** Debe ser rítmico, es decir el mismo intervalo de tiempo entre pulsación y pulsación, el pulso arrítmico es signo de patologías (enfermedades) importantes asociadas.

**Amplitud:** altura de la onda de sangre en su paso cuya disminución indica

disminución en la presión arterial.

**Tensión arterial:** si se cuenta con tensiómetro y se sabe utilizarlo, se aplica en el brazo cuyos valores promedio normales en el adulto están en 120 (presión sistólica) / 80 (presión diastólica), medidas dadas en milímetros de mercurio, si disminución (hipotensión) afecta la perfusión de oxígeno a los tejidos y su principal causa el shock hemorrágico.

Su incremento (hipertensión) es peligrosa por el riesgo de ruptura de las arterias cerebrales

**Canalización:** Si se cuenta con personal entrenado y avalado, se canalizan dos venas ante cubitales (cara anterior interna del antebrazo) con un yelko 14 (aguja gruesa y corta) para colocar líquidos (lactato ringer) 1000 centímetros cúbicos por cada línea, esto para mantener la presión arterial y así la perfusión de oxígeno a las células prioritariamente las cerebrales.

**Auscultación cardiaca según entrenamiento,** en lo que principalmente se busca si se escucha claramente.

Examen del cuello nuevamente evaluando los mismos parámetros.

En la auscultación cardiaca según entrenamiento y en el segundo examen de cuello, lo importante es que, si los ruidos cardiacos están velados, la tráquea central y las yugulares ingurgitadas, se está frente a una herida en el tejido cardiaco con sangrado atrapado en el pericardio que es la membrana que cubre el corazón impidiendo su funcionamiento, esto se conoce como taponamiento cardiaco y su manejo es

médico y extremadamente urgente.

#### **D. Neurológico:**

- Examen de las pupilas.
- Escala de Glasgow si se cuenta con entrenamiento.
- Pulso y tensión arterial nuevamente

**Examen de las pupilas:** Se verifican comparativamente que se encuentren de igual tamaño (isocóricas) y que se contraigan con la exposición a la luz (reactivas) signos de normalidad.

Si una de las pupilas está más grande que la otra (anisocóricas) y no están reactivas a la luz, es indicativo de trauma craneoencefálico.

**Escala de Glasgow:** si se cuenta con entrenamiento para evaluarlo

#### **Apertura ocular**

Espontánea: 4 puntos

A la voz: 3 puntos

Al dolor: 2 puntos

Sin apertura ocular: 1 punto

#### **Respuesta verbal**

Orientado: 5

Confusa: 4

Palabras inapropiadas/incongruentes: 3

Sonidos incomprensibles: 2

Sin respuesta verbal: 1

#### **Respuesta motora**

Obedece órdenes: 6

Localiza estímulos dolorosos: 5

Retira ante estímulos: dolorosos 4

Respuesta en flexión anormal: 3

Respuesta en extensión: 2

Sin respuesta motora: 1

El valor normal es una sumatoria de 15 puntos, su disminución se asocia a trauma craneoencefálico con mayor compromiso cuanto más disminuya, siendo mandatorio la intubación oro traqueal por debajo de 9.

Su análisis es una herramienta de evaluación del pronóstico en la recuperación.

#### **Primeros auxilios:**

Lo visto que nos enfoca hacia compromiso craneoencefálico, es relevante por ser información muy valiosa para el médico que, al no tenerlo presente, puede recibirla por vía telefónica o medio que haga sus veces.

En el sitio si fuese el caso y el paciente se encontrará con líquidos en lo posible se cambia el lactato de ringer por suero fisiológico y se levanta la camilla en forma completa (posición trendelenburg invertida) para que quede la cabecera más alta que los pies 30° y disminuir la presión hacia el encéfalo.

**E. Valoración secundaria (descubrir, cubrir)**

- Terminada la valoración ABCD, se continua con la valoración secundaria E.
- Descubrimos al paciente.
- Valoración de cabeza a pies
- Problema encontrado problema solucionado.
- Problema solucionado problema nuevamente revisado
- Al terminar cubrir nuevamente o proteger con una manta térmica (la hipotermia mata), lado plateado hacia el cuerpo.

Valoración general con inspección, palpación, percusión y auscultación, en la medida que sea factible hacerlo y se cuenta con el entrenamiento.

Siempre comparativamente entre ambos hemicuerpos.

Se busca: heridas, los sangrados ya fueron diagnosticados y tratados, equimosis (sangre subcutánea), quemaduras, cuerpos extraños, dolor, deformidades = tumefacciones, depresiones, soluciones de continuidad; pérdida de perfusión = pulsos; pérdida de sensibilidad y movimiento, amputaciones. Se procede a inmovilización y movilización.

**PACIENTE CONSCIENTE**

Se aplica el mismo protocolo que para paciente inconsciente, obviando la A e incluyendo el SAMPLE en el interrogatorio:

**S** = Síntomas.

**A** = Alergias.

**M** = Medicamentos

**P** = Patologías

**L** = La última comida.

**E** = Eventos relacionados

Información que puede ser de ayuda en la sospecha diagnóstica o manejo del paciente, sobre todo si se tiene contacto con médico.

**ASEGURAMIENTO PARA EL TRANSPORTE**

- Columna cervical ya asegurada.
- Movimiento en bloque para colocar en tabla rígida, con sujeción de la cabeza y liderazgo por quien la sostiene.
- Puntos de apoyo para movilización en bloque: hombro, cadera, rodilla.
- Colocar soportes laterales de cabeza.
- Fijar paciente a la camilla en frente, mentón, tórax, cadera, rodillas y tobillos. O con cinta tubular.
- Levantar camilla y desplazar con los pies del paciente por delante excepto subiéndose escaleras.
- Todo a orden del líder.

**7.4 OTROS HALLAZGOS Y MANEJOS**

**7.4.1 HERIDAS**

Solución de continuidad en la piel (interrupción).

**Manejo:** Lavado en lo posible con abundante suero fisiológico o agua limpia y cubrir con elemento limpio (gasa, apósito, compresa, tela).

### 7.4.2 EVISCERACIONES

Exposición o salida de órganos internos.

**Manejo:** Lavar en lo posible con abundante suero fisiológico o agua limpia, no se debe intentar colocar en su lugar excepto la evisceración pulmonar y cubrir para lo cual es muy útil la envoltura plástica Reynolds.

181

### 7.4.3 LUXACIONES Y FRACTURAS

Lesiones en articulaciones y huesos caracterizadas por deformidad, inflamación y/o dolor a la palpación.

**Manejo:** en caso de luxación cuyo hallazgo está en una articulación se debe inmovilizar tal cual se encuentre el miembro afectado; para la fractura se debe inmovilizar asegurándose que quede inmovilizada la zona afectada, la articulación proximal y la distal a la fractura y asegurarse de proteger las eminencias óseas que estén en contacto con el inmovilizador para evitar heridas en la piel. Hay que recordar si se utiliza un vendaje para fijar el inmovilizador debe colocarse de distal a proximal.

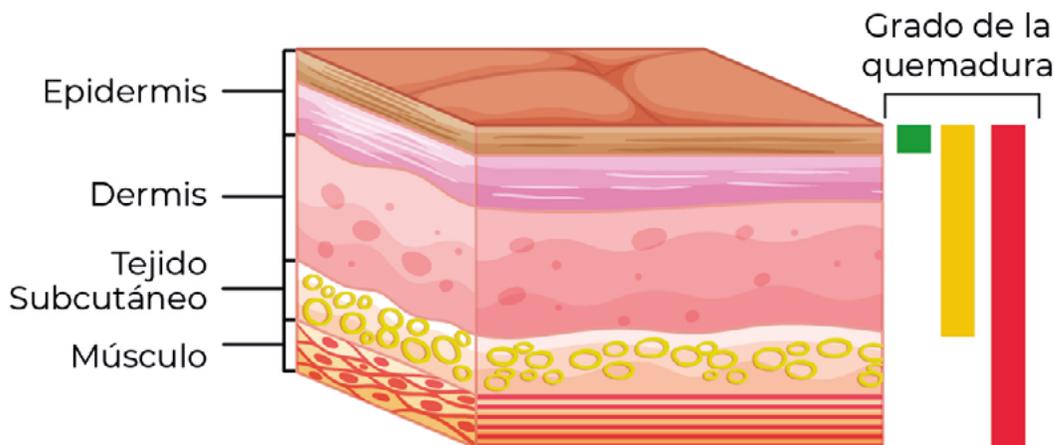
## 7.5 QUEMADURAS

Lesión en un tejido orgánico producido por calor, electricidad, fricción, agente químico, radiación o radioactividad.

**Clasificación:** las quemaduras se clasifican por su profundidad y extensión así.

Por su profundidad, en la figura 7.1 se observa la clasificación de las quemaduras según su profundidad.

Figura 7.1 Clasificación de quemaduras



**Primer grado**

Solo afectan la capa superficial de la piel, se caracterizan por su enrojecimiento y dolor al contacto.

**Segundo grado**

Son un poco más profundas que las de primer grado y se caracterizan por la aparición de ampollas.

**Tercer grado**

Son quemaduras profundas que afectan a los tejidos y los vasos sanguíneos los cuales se pueden observar carbonizados.

Por su extensión: Según el porcentaje de superficie corporal quemada, si todo el cuerpo está quemado sería el 100%, la mitad 50%, la mano del paciente equivale al 1% lo que sirve para hacer un cálculo aproximado.

Manejo: en lo posible lavar con abundante suero fisiológico o agua limpia y cubrir con un elemento limpio, en quemaduras extensas puede ser una sábana y mantenerlo húmedo, proteger el paciente de la hipotermia en este caso, con una manta térmica. Es muy importante reportar la extensión de las quemaduras porque es fundamental para el cálculo del manejo temprano con líquidos endovenosos, el cual se puede iniciar al llegar el paciente a bocamina.

## 7.6 CUERPOS EXTRAÑOS

Elemento incrustado en alguna parte del cuerpo.

**Manejo:** Nunca debe intentar retirarse, se fija para evitar que se mueva y cause más

lesión, para lo cual se podría hacer con cuatro vendas enrolladas, colocando inicialmente dos a cada lado y luego las otras dos sobre las anteriores perpendicularmente y se fijan.

## 7.7 MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD

Utilizar siempre protección de vías respiratorias, ocular según la escena y guantes de látex o nitrilo para la atención de pacientes, cumpliendo con los estándares establecidos por la ANM.

## 7.8 RESIDUOS PELIGROSOS - BIOLÓGICOS

- Asegure que en lugar haya recipientes y puntos para depositar los residuos peligrosos con características infecciosas debidamente señalizados.
- Deposite en el sitio establecido los elementos de protección desechables.
- No manipule residuos peligrosos si no está autorizado y capacitado.
- No deposite residuos peligrosos en lugares no autorizados.

## TEST DE RETROALIMENTACIÓN

1. ¿Explique en qué consiste el ABCDE de la valoración y manejo de una víctima?
2. ¿Qué es la RCP y cuáles son sus fases?
3. ¿Cuál es el mecanismo de extracción de un cuerpo extraño incrustado en tórax?
4. Como evaluó y actuó frente a un paciente con:

- Hemorragias
- Quemaduras
- Fracturas
- Evisceración

5. ¿Qué aspectos debo tener en cuenta para inmovilización y movilización de una víctima?

6. ¿Describa que medidas de bioseguridad debo tener durante la atención de un paciente?

7. ¿Cuál es el protocolo de uso del CARE vent?

183

8. ¿Cuándo se usa el torniquete para contener una hemorragia y que es lo más importante a tener en cuenta en su seguimiento?

CAPÍTULO

08



## **LIDERAZGO**

El Socorredor Minero debe convertirse en un decidido promotor de valores y principios de la vida humana, partiendo de dar siempre el buen ejemplo personal, durante la capacitación y desarrollo de su vida cotidiana.

**PSICOLOGÍA DE LA ATENCIÓN DE LA  
EMERGENCIA**

## PSICOLOGÍA DE LA ATENCIÓN DE LA EMERGENCIA

### 8.1. ASPECTOS GENERALES

“La psicología de las emergencias y los desastres, es la rama de la psicología que abarca el estudio del comportamiento y el modo de reacción del ser humano de manera individual y grupal en las diferentes fases de una situación de emergencia o desastre “.

Como miembro del equipo de salvamento minero, usted puede anticipar que realizará trabajos que son extremadamente difíciles, así como excesivamente gratificantes. Hacer parte de un equipo de salvamento minero le exige a usted comprometerse a estudiar mucho, trabajar más, practicar a menudo y convertirse en el mejor miembro del equipo que pueda llegar a ser.

Al ser llamado a cumplir con sus compromisos, usted tendrá la responsabilidad más importante que pueda tener una persona – salvar vidas. Durante un desastre u otra emergencia, los mineros y sus compañeros de equipo pondrán sus vidas en sus manos. Estas vidas de los mineros atrapados, las de sus compañeros de equipo, e incluso su propia vida dependerán del desempeño de su trabajo como miembro del equipo de salvamento minero.

Existen diversas razones positivas por las que usted se ofreció a: ser un voluntario la mayoría de los socorredores maneja y aprende a manejar de una forma adecuada la exposición al trauma. Otro aspecto que podemos encontrar, es que la psicología de una emergencia minera en la acción de salvamento tiene como objetivo brindarle herramientas, conocimientos y preparación práctica y conceptual que le ayudará a lidiar con fuertes reacciones emocionales ante

una respuesta a emergencias.

*¡Lo que usted  
puede esperar!...*

Existen grandes diferencias entre el entrenamiento tradicional de salvamento minero en campos de práctica y el trabajo real de salvamento minero durante las emergencias en la mina, los miembros del equipo deben conocer estas diferencias para que puedan tomar decisiones correctas de forma rápida, bajo presión, con niveles extremos de estrés y en situaciones o condiciones peligrosas.



### 8.1.1. ASPECTOS GENERALES

Una operación de salvamento y recuperación minera no consiste simplemente en un equipo que va a una mina y rescata sobrevivientes o apaga un incendio, consiste en mucho más – es toda una red de personas y servicios para dirigir y respaldar toda la operación, especialmente los equipos de salvamento minero.

### 8.1.2. PROBLEMAS ÚNICOS

Cada emergencia minera presenta problemas únicos dependiendo de la naturaleza del evento, las condiciones en la mina, y otros hallazgos. Como miembro del equipo, usted debe estar preparado para manejar una amplia variedad de situaciones, incluso si nunca espera encontrárselas. Algunos

ejemplos de situaciones que los equipos de salvamento minero han encontrado que requirieron una decisión y acciones inmediatas incluyen: - gas con tendencia de aumentar su concentración hacia el rango de explosión. - presión barométrica cambiando rápidamente. - relámpagos, lo cual crea un riesgo de ignición. - soporte de techo inestable o dañado.

### 8.1.3. CONDICIONES PELIGROSAS

Los socorredores usualmente son los primeros en encontrar los diversos peligros generados por la emergencia. Aunque usted por lo general no es responsable de la corrección de estos peligros, se recomienda que realice una evaluación inicial de los mismos e informe la ubicación de los que observan principalmente: gases, altas

temperaturas y con una alta humedad, las condiciones del techo y los hastiales podrán estar degradadas debido al calor, la humedad. A medida que se adentren en la mina, es probable que los miembros del equipo deban participar en algunas labores como reponer los soportes de techo y estabilizar los respaldos en la entrada de la mina. Con respecto a los elementos que se pueden presentar, como las alternativas de refugio, los tanques de oxígeno, y las unidades autónomas de auto-rescate pueden presentar riesgos después de un incendio o una ignición, el agua puede estar contaminada con combustibles, petróleo y otras sustancias químicas o biológicas. Otra condición que se puede presentar es la exposición al riesgo biológico por medio de la ejecución de procedimientos básicos en primeros auxilios para salvar la vida de alguien, para esto, utilice los protocolos establecidos para la recuperación de los cuerpos y la descontaminación de los miembros del equipo de salvamento minero y el equipamiento.

El estrés físico y psicológico puede afectar a las partes involucradas todos los que participaron en el salvamento minero. Después de una operación de salvamento y recuperación en la cual se encuentren víctimas, la ANM y/o el empleador debería iniciar en el lugar de la emergencia una Entrevista de Estrés por Incidente Crítico para el equipo u otro tipo de estrategia de desactivación emocional.

#### **8.1.4. SALVAMENTO MINERO VS. EMERGENCIA MINERA REAL**

- Aunque los concursos de salvamento minero son un método de capacitación de gran valor, los miembros del equipo deben prepararse para condiciones muy peligrosas e impredecibles en una emergencia minera real.
- Durante los concursos de salvamento minero las condiciones peligrosas u otra

capacidad requerida del equipo se indican en carteles, mientras que las condiciones peligrosas en una emergencia real en la mina deben ser determinadas e informadas por los miembros del equipo. Todas las prácticas deberían ser llevadas a cabo en condiciones lo más realistas posible, esto incluye lesiones simuladas utilizando un Kit de Simulación de Trauma. Esto ayudará a preparar a los socorredores en cuanto a lesiones reales.

- Una emergencia minera real no es un evento programado; por lo tanto, los equipos deberían proceder de manera calculada y segura, no necesariamente es lo más rápido posible. Es probable que haya un sentimiento real de urgencia si los mineros no se han reportado y se encuentran desaparecidos, pero esto no justifica la negligencia de la seguridad del equipo.

#### **8.1.5. TESTIMONIO.**

Este testimonio fue adaptado de una publicación en línea del presidente de la Sociedad de Minería, Metalurgia y Exploración durante 2016, se incluye aquí para ilustrar el impacto de lidiar con lesiones severas y fatalidades sobre los compañeros de trabajo, socorredores, amigos y familiares y para demostrar que el estrés postraumático puede afectar a cualquier persona. Esta discusión tiene la intención de mejorar su entrenamiento y ayudarlo a prepararse para su trabajo como Socorredor de Emergencias Mineras, también enfatiza que usted no está solo y que las herramientas de ayuda están disponibles para que haga uso de estas.

#### **8.1.6. DEFINICIONES SALVAMENTO MINERO**

La tarea principal para los equipos de

Salvamento minero es SALVAR Y PRESERVAR LA VIDA QUE SE ENCUENTRA EN PELIGRO. Hasta donde usted sabe, durante un incidente de búsqueda y salvamento, hay mineros atrapados o lesionados en la mina que no pueden evacuar sin ayuda.

### **Esfuerzos de recuperación:**

En este caso, la RECUPERACIÓN se refiere a recoger a los mineros fallecidos y de manera respetuosa, sacar los cuerpos fuera de la mina para darles un manejo adecuado. También podrá incluir la restauración de la mina a una condición en la que los mineros puedan hacerse cargo de manera segura de la rehabilitación de la misma para que pueda volver a su funcionamiento normal.

### **Sustancia peligrosa:**

Una sustancia clasificada por la regulación colombiana como un material peligroso, un residuo peligroso o una sustancia que al momento en que una persona se exponga a esta, puede dar lugar a efectos adversos en la salud o en la seguridad de los socorredores.

### **Entrevista de estrés por incidente crítico:**

Esta es una reunión entre consejeros especialmente capacitados en salud mental relacionada con la ocurrencia de desastres (pueden ser especialistas en Primeros Auxilios Psicológicos o Psicólogos de desastres) y los socorredores. Estas pueden ser grupales o individuales, y llevarse a cabo después de las jornadas de trabajo durante la atención de una emergencia o después de finalizada la emergencia.

## **8.2. INTERVENCIÓN DE EMERGENCIAS**

### **8.2.1. INTRODUCCIÓN A LOS CONCEPTOS DE ESTRÉS POR INCIDENTE TRAUMÁTICO**

Los socorredores de la mina y el personal

de la ANM, los mineros y sus familias y otros expuestos a emergencias en la mina podrán experimentar fuertes reacciones emocionales que los afecten durante el evento o posteriormente. Esta respuesta podrá ser denominada con varios nombres tales como “Estrés por Incidente Traumático” o “Estrés por Incidente Crítico” y es el resultado de la exposición a eventos catastróficos, mineros gravemente heridos, cadáveres o partes de cuerpos, o la pérdida de amigos y familiares. Estas reacciones



pueden abrumar el comportamiento normal de una persona y evitar que se comporten del modo en que lo harían normalmente. Con un entrenamiento apropiado, los compañeros de trabajo podrán reconocer cuando una persona está teniendo dificultad haciendo frente a sus emociones y le pueden ayudar a obtener ayuda profesional. El personal de gestión de emergencias a menudo no ha

entendido o no ha tenido las herramientas para hacer frente a los efectos del Estrés por Incidente Traumático (TIS) y por lo tanto no las incluyó en los planes de gestión de emergencias. El TIS puede ser un problema emocional significativo que puede ser tratado en varias etapas.

La primera es preparar a los socorredores y a otros para la posibilidad de una emergencia. La segunda es entrevistar a los equipos en el sitio, mientras trabajan en turnos durante la atención de la emergencia. La tercera es



proporcionar asesoramiento de desastres después del evento.

- La gravedad de la respuesta al estrés experimentado es una función de la interpretación de la persona del evento. Esta comprensión respalda la necesidad de entrenamiento de expectativas para mitigar las posibles reacciones negativas cognitivas y de comportamiento tales

como la ansiedad, la confusión, el miedo, la dificultad para la toma de decisiones, el trastorno del sueño, la depresión, el trastorno por estrés postraumático (PTSD) o la Fatiga de la Compasión, que puedan desarrollarse ayudando o rescatando a las víctimas

-Las Intervenciones Psicológicas después de un incidente minero por lo general son delegadas a una agencia local de salud mental que rara vez tiene entrenamiento en salud mental o suicidios asociados a desastres, a pesar de que hay mejores tratamientos disponibles. Los expertos sugieren utilizar Primeros Auxilios Psicológicos.

### 8.2.2. ESTRÉS POR INCIDENTE TRAUMÁTICO

Un incidente traumático es uno que puede implicar la exposición a los eventos catastróficos, a niños o adultos gravemente heridos, cadáveres o partes de cuerpos, o la pérdida de compañeros de trabajo. Esta sección describe síntomas de estrés ordinario que los trabajadores de emergencias pueden experimentar durante los esfuerzos de recuperación o en las semanas o los meses posteriores a un evento traumático. También recomienda métodos simples para reconocer, hacer seguimiento y mantener la salud en el sitio de la emergencia y después de tales experiencias.

#### SÍNTOMAS DE ESTRÉS

Los trabajadores podrán experimentar diversos síntomas de estrés físicos, cognitivos, emocionales o de comportamiento. Algunas personas experimentan estas reacciones inmediatamente en la escena, mientras que los síntomas para otros pueden ocurrir semanas o meses más tarde. Como se muestra en la siguiente tabla.

*Tabla 8.1. Síntomas de estrés*

<b>FÍSICOS</b>	<b>COGNITIVOS</b>	<b>EMOCIONALES</b>	<b>COMPORTAMIENTO</b>
Dolor de pecho	Confusión	Ansiedad	Ira intensa
Dificultad para respirar	Desorientación	Culpa	Retraimiento
Dolor intenso	Concentración insuficiente	Negación	Arrebato emocional
Síntomas de conmoción (respiración superficial, pulso rápido o débil, náuseas, escalofríos, piel pálida y húmeda, confusión mental y pupilas dilatadas)	Estado de alerta aumentada o disminuida	Pérdida de control emocional, Sentido de haber fallado, sentimiento abrumador	Pérdida o aumento temporal del apetito
Fatiga	Dificultad para la solución de problemas	Aflicción	Consumo excesivo de alcohol
Náuseas/vómito	Dificultad al identificar objetos o personas conocidas	Miedo	Incapacidad de descansar
Mareo, Sudoración profusa, Sed	Problemas de memoria	Irritabilidad	Caminar constantemente
Dolores de cabeza	Pesadillas	Depresión	Cambios en el funcionamiento sexual
Dificultades visuales		Culpar a otros o así mismo	

### **8.2.3. RECOMENDACIONES PARA CONTROLAR Y MANTENER LA SALUD EN EL SITIO**

Los partícipes de una acción de salvamento necesitan cuidar de su propia salud para mantener la vigilancia constante que necesitan para su propia seguridad. Los intervinientes deben ser capaces de mantener la concentración en el trabajo en el entorno de emergencias dinámico y en constante cambio. Las siguientes directrices contienen métodos simples

para que los trabajadores y sus líderes de equipo se ayuden entre sí y a los miembros de su equipo. Estas directrices deberían ser leídas mientras se encuentra en el sitio y de nuevo después de que los trabajadores regresen a su casa.

- Controle la organización y el ritmo de los esfuerzos de salvamento y recuperación.
- Mantenga una nutrición adecuada y descanse
- Haga seguimiento de la salud mental/emocional.
- Primeros Auxilios Psicológicos.
  - Recomendaciones para mantener la salud después del incidente.
- Solidarícese (a las personas realmente les importa).
- Reconéctese con sus apoyos familiares, espirituales y comunitarios.
- Considere la posibilidad de llevar un diario.
- No tome decisiones trascendentales en su vida.
- Tome tantas decisiones diarias como sea posible para dar una sensación de

control sobre su vida.

- Pase tiempo con otros o a solas haciendo las cosas que disfruta para refrescarse y recargar energías.
- Tenga en cuenta que puede sentirse especialmente temeroso por su familia. Esto es normal y va a pasar con el tiempo.
- Recuerde que “volver a la normalidad” toma su tiempo. Poco a poco trabaje de nuevo en su rutina. Permita que otros carguen un peso mayor por un momento mientras está en la casa o en el trabajo.
- Tenga en cuenta que la recuperación no es un camino recto sino un asunto de dos pasos al frente y uno atrás. Usted irá avanzando.
- Aprecie un sentido del humor en usted mismo y en otros. Es BUENO reírse de nuevo.
- Su familia experimentará el desastre con usted. Necesita apoyar a los demás. Es momento de paciencia, comprensión y comunicación
- Evite el uso excesivo de drogas o alcohol. No necesita complicar su situación con un problema de abuso de sustancias.



- Descanse mucho y haga un ejercicio normal. Aliméntese con comidas regulares bien balanceadas.

#### 8.2.4. RESCATE DE SOBREVIVIENTES Y RECUPERACIÓN DE CUERPOS.

A lo largo de la historia, los mineros han ido bajo tierra con la certeza de que, si ocurre un desastre y se quedan atrapados en la mina, otros mineros harán todo lo posible por intentar rescatarlos. Esta es la tradición del rescate minero. Los esfuerzos de salvamento minero hoy son operaciones altamente organizadas llevadas a cabo por grupos de individuos capacitados y competentes que trabajan juntos en equipo, pero los factores humanos afectan a los socorredores en una emergencia minera y probablemente se genere un impacto financiero significativo en la compañía. El entrenamiento de expectativas antes de un incidente y la adquisición exitosa de competencias en las habilidades de rescate y comunicación minera le ayudarán a prepararse para el trabajo.

#### 8.2.5. PREPARACIÓN DEL SOCORREDOR ANTES DEL INCIDENTE

- Evaluación médica  
La evaluación médica antes del despliegue pretende establecer una condición física y de salud emocional base.
- Capacitación para los instructores. Los miembros del equipo de salvamento de la

mina de carbón subterránea deben estar entrenados en procesos avanzados de salvamento minero.

- Su papel como instructor es vital. Depende de usted escoger ejercicios que sean apropiados para su equipo y planear y estructurar estos ejercicios para obtener el máximo beneficio. Cuando un ejercicio abarque otro requisito de capacitación de salvamento minero, como el requisito de usar un aparato mientras hay humo, usted puede dar crédito a los miembros del equipo bajo cada requisito. Al desarrollar ejercicios de capacitación, asegúrese de considerar cuanto tiempo tomará:

- Preparar y evaluar los aparatos (si se usan).
- Viajar al área en donde se realizará la actividad.
- Preparar el área para la actividad (si es necesario).
- Terminar la actividad.
- Restaurar el área a la condición original luego de la actividad (si es necesario).
- Limpiar, recargar y almacenar los aparatos (si son usados).
- Analizar el trabajo del equipo.



- Responder preguntas y discutir la actividad.
- Evaluación de desempeño del equipo La evaluación es una parte extremadamente importante del proceso de aprendizaje. El tiempo dedicado a la realización de una evaluación analítica, cuidadosa y específica es esencial para el desarrollo y mejora del equipo. Siga estos tres pasos para evaluar el rendimiento de su equipo:
  - Observe y registre el rendimiento
    - Durante la ejecución de cada actividad, usted (o alguien que trabaje con usted) evalúa el equipo (o los miembros individuales del equipo) según como sea apropiado para la actividad.
  - Revise los resultados de observación con el equipo
    - Sostenga una sesión de revisión tan pronto como sea posible luego de que el equipo haya terminado la actividad.
    - Revise los aspectos negativos y los positivos del rendimiento del equipo.
    - Concédales tiempo a los miembros del equipo para que hagan cualquier pregunta que puedan tener sobre la actividad o sobre la evaluación del instructor.
  - Recomiende una capacitación futura
    - Con base en sus observaciones, usted debería estar en la capacidad de recomendar áreas en las que el equipo necesitemás conocimiento o experiencia para demostrar competencia.
- Primeros auxilios realistas Es importante que se usen heridas realistas en la capacitación de los socorredores. Esto les permite a los instructores y a los evaluadores decidir si el aprendiz preparado para atender accidentes con heridas graves. Se podrá usar un Kit de Simulación de Trauma para dar lesiones realistas a las víctimas humanas durante los ejercicios
- Preparativos del equipo de salvamento

minero para la recuperación de las víctimas. Además de todo el entrenamiento normal que realizan las cuadrillas de salvamento minero con los dispositivos de respiración, equipos de seguridad, seguridad del equipo, ambientes irrespirables, terrenos inestables, incendios, inundaciones y explosivos, etc.

### 8.2.6. Durante una emergencia

Se asume que el personal de ANM está a cargo a nivel técnico y funcional durante una operación de rescate de emergencia. Por lo tanto, ANM y el cuadrillero deben confirmar que todos los socorredores son aptos para sus deberes con base en competencias de capacitación documentada, experiencia en campo, evaluaciones médicas y las observaciones de preparación actual, incluyendo la actitud apropiada. Los equipos deben seguir la cadena de comando mientras mantienen la seguridad del grupo y se debe recordar que están haciendo el mejor esfuerzo para preservar y salvar las vidas en peligro de sus colegas mineros. La naturaleza solidaria del equipo construirá la capacidad de recuperarse, inculcará la confianza en que pueden hacer el trabajo y en se apoyarán el uno al otro. La coherencia del equipo y el tiempo de entrenamiento juntos ha sido relacionada con un mejor desempeño.

**Confianza y Familiaridad del Equipo:** Los equipos de salvamento minero cuyos miembros interactúan con frecuencia, ya sea en el trabajo, fuera del trabajo y/o que participan en entrenamientos combinados de salvamento minero, tienen niveles más altos de confianza en su capacidad de responder y desempeñarse de manera efectiva como equipo”.

**Confianza y Ambiente de Entrenamiento en Equipo:** Los equipos que perciben un ambiente de entrenamiento solidario, en el que los miembros sienten que obtienen



una retroalimentación constructiva de sus entrenadores y un entrenamiento práctico real, tienen más confianza en su capacidad de responder y desempeñarse efectivamente como un equipo en una emergencia

- Planificación de turnos. La planificación de turnos es un método formal utilizado para monitorear a los socorredores y supervisar los impactos a largo plazo en sus vidas. Una planificación se prepara para:

(1) Crear un registro de los que participaron en cada actividad de emergencia,

(2) Recoger información sobre la naturaleza de su asignación de trabajo y el entrenamiento que han recibido, y

(3) Crear un mecanismo para contactarlos con relación a posibles síntomas de enfermedades o lesiones relacionadas con el trabajo, durante y después de una respuesta a una emergencia, según sea necesario.

- Evaluación de cada socorredor. Antes, durante e inmediatamente después de un despliegue subterráneo en cada turno

que trabaje un socorredor, el cuadrillero y sus compañeros de cuadrilla deberán observar su comportamiento, deberá participar en la evaluación médica y de comportamiento. Se recomienda que los informes de incidentes normales sin lesiones mayores o muertes sean manejados por el personal de ANM. A medida que aumenta el nivel de trauma, se requieren personas con mayor entrenamiento.

### 8.2.7. SEGUIMIENTO POSTERIOR A UNA EMERGENCIA

Todos los socorredores y el personal deberán tener acceso inmediato a asesoría personal después de la respuesta a una emergencia en la que se rescaten víctimas con heridas graves o se recuperen cadáveres. Normalmente se hacen sesiones en equipo o grupo en las que se revelan los indicadores de estrés por incidentes traumáticos y se ofrece asesoría personal privada, en caso de ser necesaria.

Discuta la experiencia cuando haya

regresado a la superficie o estación como grupo para recordarles a todos:

- Las reacciones fuertes son normales.
- Hable de la emergencia.
- Está bien tener emociones fuertes al inicio; si estas emociones duran 2 meses aprox., consiga ayuda si supera los dos meses por que surge un estrés agudo u otro tipo de trastorno por ansiedad.
- Observe si hay cambios comportamentales en sus compañeros.

Es importante recordar que el sistema público de salud mental ayuda principalmente a las personas con enfermedades mentales y puede carecer de entrenamiento, experiencia o habilidades para intervenir individuos que de otro modo serían “saludables” después de una crisis.

Otras acciones que pueden estar incluidas en la mitigación sistemática de un incidente son

- 1) Planear un homenaje u otro servicio para las familias de los fallecidos, la comunidad, los compañeros de trabajo y los socorredores,
- 2) Incorporar los problemas de salud mental en desastres en las lecciones aprendidas, y
- 3) Reconocer que la sanación psicológica toma tiempo.

### 8.3. COMUNICACIÓN

#### 8.3.1. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

Contribuir a la planificación de la comunicación y la gestión de la información del sector salud. Promover, facilitar y/o producir recursos comunicativos para la respuesta del sector y sobre promoción de la salud.



Asesorar a las autoridades (representante de OPS, ministro de salud u otros) en el manejo de los medios de comunicación.

Asesorar al equipo de comunicación del Ministerio de Salud.

Contribuir con el manejo de los medios de comunicación y con la divulgación de mensajes clave.

Monitorear la cobertura de los medios de comunicación.

Facilitar y promover las acciones de visibilidad del sector salud.

### 8.4. ROLES Y RESPONSABILIDADES

# Las familias mineras primero

#### 8.4.1. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE RESPUESTAS Y COMUNICACIONES

El propósito de esta política es proporcionar asistencia a los familiares de las personas atrapadas o esperando a ser rescatadas durante una emergencia en una mina

subterránea. La ANM desarrollará el Programa ‘Las Familias Mineras Primero’ para garantizar la comunicación recíproca entre las personas al mando de una operación de emergencia en una mina y las familias afectadas, por medio del personal de enlace del programa ‘Las Familias Mineras Primero’. Este plan le asigna responsabilidades al operador de la mina además de describir la respuesta.

ANM en una emergencia minera que involucre mineros que estén atrapados o esperando a ser rescatados. Este plan constituye un documento fundamental, en cuanto asigna responsabilidades a diversas organizaciones en Colombia en el desarrollo

de planes de apoyo y procedimientos.

Declaración de política: En Colombia, la política consiste en atender a las familias de los mineros atrapados o esperando a ser rescatados durante una emergencia minera, con la dignidad y el respeto que merecen.

El operador debe tener planes previamente revisados por la ANM, antes de una emergencia, el operador también debe desarrollar planes de acción específicos durante una emergencia, que deberán ser aprobados por el centro de comando de incidentes. A continuación, se nombran las responsabilidades que se tienen en el desarrollo de la emergencia.

**Tabla 8.2. Responsabilidades en el desarrollo de la emergencia.**

<b>RESPONSABILIDADES GUBERNAMENTALES</b>	<b>RESPONSABILIDADES OPERADOR DE LA MINA</b>
Coordinar con el representante designado por el operador de la mina para tratar con las familias.	Designación de un empleado o agente que pueda ser contactado por el enlace con la familia de ANM.
Proporcionar a las familias de los mineros informes con relación al progreso de las operaciones de respuesta a la emergencia minera	Procedimientos para la notificación razonable y oportuna del familiar
Recibir y actuar sobre los comentarios, preocupaciones y necesidades de las familias de los mineros	Designación de una ubicación física para las familias de la mina para que se reúnan a obtener información con respecto a la emergencia en la mina y la operación de salvamento
Coordinar con el servicio social apropiado y las agencias y organizaciones de ayuda en desastres	Disposiciones de seguridad para garantizar la privacidad de las familias de la mina en la ubicación designada para los reportes sobre la emergencia en la mina para las familias
Garantizar que la información con respecto a la respuesta ante la emergencia en la mina sea comunicada a las familias de los mineros	Procedimientos para garantizar que las familias de los mineros atrapados reciben informes con regularidad
Garantizar que los deseos de las familias de los mineros sean honrados con relación a la concesión de entrevistas y el acceso por parte de los medios.	Los procedimientos y un proceso para integrar la participación de organizaciones sin ánimo de lucro y de servicio social público para proporcionar asesoría y demás servicios sociales que las familias de la mina puedan requerir durante una emergencia en la mina
Preparar una informe post-acción (AAR) dentro de los 30 días posteriores a la emergencia minera	Los procedimientos y un proceso para la notificación

## TEST DE RETROALIMENTACIÓN

1. ¿Qué es el estrés y que síntomas pueden presentarse?
2. ¿Qué características, físicas, de conocimiento, y comportamiento debe tener el Socorredor minero?
3. ¿Cómo puede afectar emocional y físicamente la atención de una emergencia?
4. ¿Cómo puedo prepararme para actuar de manera adecuada, antes, durante y después de una emergencia?
5. ¿En caso de ser afectado emocionalmente por una emergencia, que debo hacer?

CAPÍTULO

09



## **HONOR**

El socorredor Minero llevara con orgullo, honra y respeto el uniforme y las prendas institucionales.

**INCENDIOS SUBTERRÁNEOS**

## 9.1 DEFINICIONES

Para iniciar con este capítulo se dan a continuación, algunas definiciones que permitirán un mejor entendimiento del contenido de este capítulo de los incendios subterráneos.

### **COMBUSTIÓN:**

Reacción química que se produce entre el oxígeno y un material oxidable, que va acompañada de desprendimiento de energía y habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama.

### **FUEGO:**

El estado o proceso de combustión en el cual sustancias se combinan químicamente con oxígeno en el aire y emiten luz brillante y calor.

### **PUNTO DE IGNICIÓN:**

La temperatura más baja a la que hay suficiente vaporización de la sustancia (fuente de combustible) para que el vapor producido se encienda momentáneamente cuando está presente una llama. Gas de agua gas potencialmente explosivo, que consiste típicamente de 45% monóxido de carbono, 45% hidrógeno más pequeñas cantidades de otros gases, incluyendo metano, dióxido de carbono y nitrógeno. Se forma cuando el agua se encuentra con o se rocía sobre un fuego de carbón muy caliente.

### **TEMPERATURA DE IGNICIÓN:**

La temperatura más baja a la cual el calor de la combustión del vapor ardiente es

capaz de producir, a su vez, suficiente vapor para permitir que la combustión continúe. La temperatura de ignición debe ser lo suficientemente alta como para producir suficiente vapor para mantener la reacción de tal forma que la sustancia se siga quemando, independientemente de la fuente de ignición.

### **INCENDIO ENDÓGENO:**

Se genera como resultado de la tendencia a la combustión espontánea del carbón. Suele presentarse en mantos afectados por la presión tectónica que los ha fracturado, en las labores abandonadas o explotadas de manera incompleta.

### **COMBUSTION ESPONTANEA**

La combustión espontánea es una fuente particular de incendios subterráneos, las sustancias con mayor superficie expuesta al medio ambiente, como las partículas finas de carbón, se calentarán más rápido que aquellas divididas en grandes fragmentos.

### **COMBUSTION COMPLETA o perfecta:**

Cuando las reacciones químicas se realizan al 100%, es decir, los componentes se oxidan completamente, formando dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), agua líquida (H<sub>2</sub>O),

## INCENDIOS SUBTERRÁNEOS

independientemente de la cantidad de aire empleada en la reacción.

### **HUMO:**

se forma cuando, en ausencia de oxígeno dentro de ciertas zonas de la llama, los materiales que contienen carbono se descomponen por el calor y emiten productos de composición con apariencia de alquitrán y hollín que son transportadas por el aire. También se crea monóxido de carbono debido a combustión incompleta.

### **GAS POBRE: gas tóxico;**

Típicamente consiste de una mezcla de 10% de dióxido de carbono, 74% nitrógeno y 15% monóxido de carbono, además de hasta 1% de otros gases, incluyendo metano. Formado por aire que pasa sobre carbones incandescentes.

### **EMERGENCIA MINERA:**

Situación que hace necesaria la evacuación o salvamento de personas de una mina y/o pone en riesgo las actividades mineras.

### **AUTO RESCATADOR:**

Es un aparato o equipo personal, de protección respiratoria, diseñado para escapar de atmósferas contaminadas o con deficiencia de oxígeno (Art. 7 D. 1886, 2015)

### **TEORÍA DEL FUEGO:**

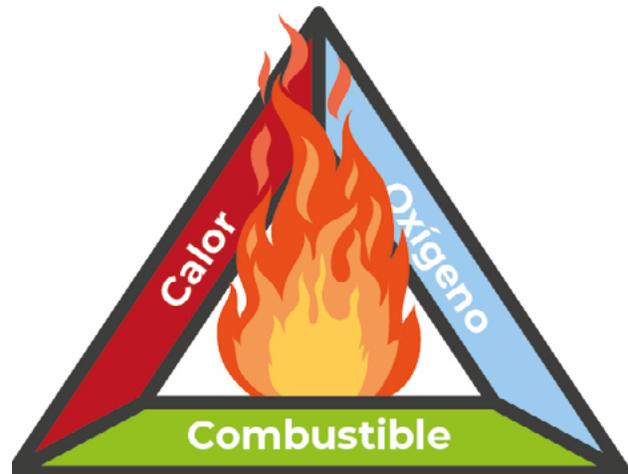
Para que se origine un incendio es necesario la reunión de tres elementos que son:

- Oxígeno.
- Calor.
- Combustible.

Estos tres factores a menudo se refieren como el *“Triángulo de Combustión”* También se habla hoy en día del tetraedro del fuego.

Si se elimina uno de los elementos, el triángulo colapsa. Por lo tanto, no puede haber fuego, o un fuego existente se extinguirá.

**Triángulo del fuego**



**Tetraedro del fuego**



El Oxígeno representa una quinta parte de la atmósfera a nuestro alrededor y por lo tanto se encuentra fácilmente disponible para mantener un fuego. Es denominado Comburente.

El Calor se requiere para aumentar la temperatura del combustible lo suficiente para que se encienda al mezclarse con el aire y continúe ardiendo por sí solo, Algunas fuentes de calor pueden ser: Chispas de soldadura, arcos y chispas eléctricas, motores eléctricos operando, rozamiento de dos o más elementos, fósforos, cigarros etc.

El Combustible (es toda sustancia que se puede quemar) puede estar en forma de sólidos, líquidos o gases. Al quemar produce luz, calor, gases, humos. Algunos combustibles son: Madera, derivados del petróleo, equipos eléctricos, basuras, cauchos, etc.

### INCENDIO SUBTERRÁNEO:

Se considera un incendio subterráneo el fenómeno de combustión que ocurre al interior de una mina.

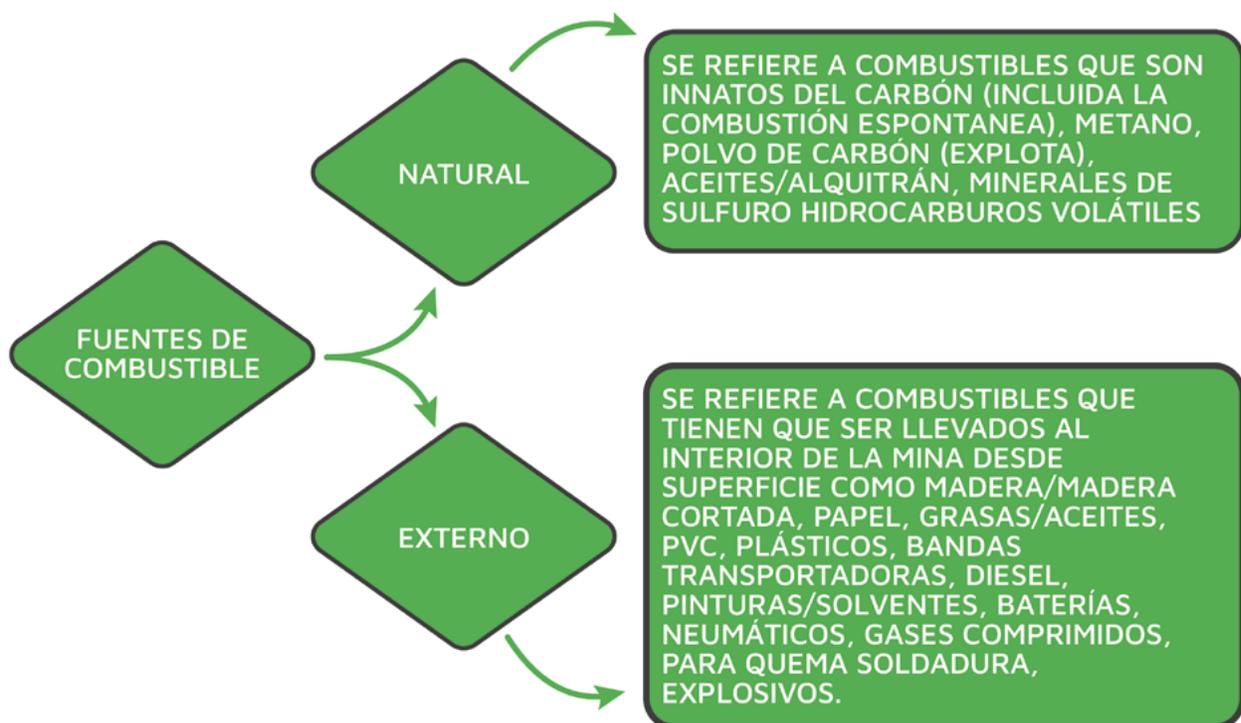
201

### ALTAS TEMPERATURAS

Que pueden llegar hasta los 1500°C, gases y vapor de agua con presencia de llama abierta, debida a la combustión del carbón o a otros materiales inflamables.

Desprendimiento de gases propios del incendio del carbón virgen, el principal de ellos es el monóxido de carbono.

Emanaciones de gas desde de los trabajos mineros antiguos, abandonados especialmente monóxido de carbono.





## 9.2 ORIGEN DE LOS INCENDIOS

El origen de los incendios bajo tierra se puede presentar por condiciones especiales con las cuales bajo tierra se iniciaría la presencia de un foco de incendio, por la iniciación de un combustible normal presente en cualquier lugar de la mina, o se puede originar el incendio por la combustión espontánea del manto de carbón.

### 9.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS INCENDIOS BAJO TIERRA SEGÚN EL ORIGEN

**Los Incendios Endógenos** reciben su nombre por la manera como se inician y desarrollan, ya que el combustible y la fuente de calor están constituidos por el mismo elemento, por la tendencia al autocalentamiento o por la tendencia a

presentar combustión espontánea del carbón en los mantos agrietados y triturados o en los trabajos antiguos no explotados en su totalidad. Estos incendios se desarrollan lentamente y presentan algunos síntomas o señales previas a su aparición.

**Los Incendios Exógenos** la fuente de calor que inicia la combustión es externa al combustible. Suele iniciarse por la combustión de sustancias llevadas a la mina para usarse en la extracción del mineral, aunque, en el caso de las minas de carbón, puede presentarse la combustión del carbón mismo, iniciada por un agente externo y este será también, un incendio exógeno.

Los propietarios y operadores de minas deben considerar qué materiales deben ser introducidos a la mina y realizar las acciones necesarias con el fin de prevenir un incendio en la mina o inclusive una explosión.

Los incendios Exógenos pueden, a su vez, clasificarse con base en el material en combustión. La materia hace ignición

de forma diferente según el estado, sólido, líquido o gaseoso, de la sustancia combustible.

Los sólidos cuando son pesados y densos, tales como vigas de madera, se queman más despacio que los sólidos finamente divididos como la viruta, por ejemplo, porque el área total de superficie expuesta es notablemente mayor, facilitando el inicio de la combustión. Hay casos de sólidos, en los cuales ocurre la combustión en la superficie con una película de líquido o de vapor en poca cantidad o no visible; en estos casos, el sólido se destruye por medio de un proceso lento de carbonización o fuego lento.

Los líquidos pueden calentarse lo suficiente con la temperatura del ambiente para producir vapores sin una fuente de calor adicional. Los líquidos a base de petróleo pueden vaporizarse a temperaturas muy bajas, pero en todo caso requerirán una fuente de ignición para quemarse y deben alcanzar su temperatura de ignición para hacerlo. Los aceites pesados y grasas requieren calor adicional para iniciar la vaporización.

Los gases solo necesitan una chispa o pequeña llama que alcance la temperatura de ignición del gas para encenderse. Esto puede resultar en una explosión o incendio, cuya intensidad depende del volumen de gas y oxígeno disponible. La clasificación de incendio por tipo de combustible, que es universalmente aceptada, establece las siguientes clases de incendio.

### 9.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS INCENDIOS SEGÚN EL TIPO DE MATERIAL COMBUSTIBLE

#### GRUPO A.

Incendio de materiales sólidos, de origen orgánico tales como madera, carbón, papel, plástico, tela, etc.

#### GRUPO B.

Incendio de líquidos y derivados del petróleo, como aceites, gasolina, grasas etc.

#### GRUPO C.

Equipos e instalaciones eléctricas

#### GRUPO D.

Incendio de algunos metales como el magnesio, uranio, sodio, potasio, etc.

#### GRUPO K.

Incendio de los materiales como grasas y aceites de cocina.

## 9.3. RIESGOS DE INCENDIOS SUBTERRÁNEOS

Las características particulares de la minería hacen que las operaciones de lucha contra el fuego subterráneo difieran de las operaciones normales en superficie, a pesar que los medios disponibles para combatir los incendios subterráneos, con algunas excepciones, son los mismos que para fuegos superficiales. Los incendios subterráneos tienen el potencial de causar muchas víctimas mortales, incluyendo a aquellos que intentan apagarlo. Las características de minería subterránea incluyen:

- La mina es una serie de vías y túneles por los cuales circula el aire, aumentando el riesgo en la medida en que las vías actúan como chimeneas.
- El riesgo de gases tóxicos y asfixiantes que invaden la mina a través del circuito de ventilación durante un incendio poniendo en peligro a trabajadores y personal en general que no se encuentran cerca al incendio.
- Riesgo de alteraciones en el sistema de ventilación por flotación o constricción.
- Riesgos por disminución de la visibilidad ante la presencia de humo.

- Riesgo por aumento de la temperatura en las áreas cercanas al foco principal del incendio.
- El riesgo de explosión por gas o polvo de carbón que puede causar gran pérdida de vidas.
- Riesgo de combustión espontánea del carbón.
- Difícil acceso desde la superficie por medio de túneles de baja altura o muy empinados para los socorredores y equipo contra incendios.

Las consecuencias de un incendio subterráneo pueden ser catastróficas para aquellos que trabajan más allá del sitio del fuego siguiendo la dirección de la ventilación. El fuego se debe detener rápidamente (pocos minutos después de su inicio) y adecuadamente en sus primeras etapas.

Los propietarios y los operadores de minas deben mantener políticas integrales de prevención de incendios para reducir a un mínimo absoluto el riesgo de que se inicie un incendio. También deben proporcionar medios rápidos y efectivos de detección y contramedidas en las primeras etapas en caso que un incendio comience. Un pequeño incendio también se puede convertir en un incendio severo que evita la evacuación de aquellos que trabajan bajo tierra generando gran cantidad de víctimas mortales. Esta situación puede surgir algunas veces antes que los Equipos de Rescate lleguen a la mina, lo cual puede hacer que su papel para salvar vidas no pueda llevarse a cabo. Por lo tanto, los primeros en responder a menudo suelen ser los mineros mismos, quienes deben estar capacitados en la lucha contra incendios para ser más efectivos y mantener su seguridad.

### 9.3.1. GASES DE LOS INCENDIOS SUBTERRÁNEOS

Composición de los gases de incendio subterráneo.

Durante el proceso de combustión de los materiales y el carbón en el interior de la mina, se pueden producir los siguientes gases:

**Tabla 9.1. Composición de los gases de incendio subterráneo.**

Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>
Monóxido de carbono	CO
Metano	CH <sub>4</sub>
Hidrógeno	H <sub>2</sub>
Hidrocarburos Pesados	
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
Acetileno	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
Oxígeno	O <sub>2</sub>
Nitrógeno	N <sub>2</sub>
Vapor de agua	H <sub>2</sub> O
Humo	

La combustión espontánea es una fuente particular de incendios subterráneos, donde el calor es generado por una reacción química entre el carbón y el oxígeno en el aire. Algunos materiales y sustancias, incluyendo la mayoría de tipos de carbón, comenzarán a oxidarse cuando sean expuestos al aire. Cuando hay una cantidad suficiente de oxígeno para hacer que la sustancia se oxide y emita calor, pero hay un flujo de aire insuficiente para alejar el calor, la temperatura aumentará, lo que, a su vez, producirá un aumento en la velocidad de oxidación, en la velocidad de producción de calor y en la velocidad del aumento de la temperatura.

Si esto no se corrige podría dar lugar a una combustión espontánea. Las sustancias con mayor superficie expuesta al medio ambiente, como las partículas finas de carbón, se calentarán más rápido que aquellas divididas en grandes fragmentos. Los cambios estacionales de humedad en la mina también pueden representar otra fuente de calor al igual que el calor de

condensación. En este caso, la sustancia es a la vez el combustible y la fuente de ignición. Mientras que las minas de carbón con mantos que tienen una tendencia a la combustión espontánea deben aplicar principios de control de riesgos, dicha combustión espontánea puede producirse en cualquier mina donde haya una acumulación de aserrín, trapos impregnados de solventes y sustancias orgánicas apiladas. Una buena limpieza puede prevenir esta situación. Cuando se produce una combustión espontánea de carbón o cuando el manto de carbón se calienta por un incendio, los productos de la oxidación varían entre monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), vapor de agua e hidrógeno. Hay otros gases que solo pueden ser medidos mediante el análisis de muestras de aire en el laboratorio. También es posible observar efectos físicos a medida que la reacción química continúa. Los socorredores mineros deben contar con la suficiente capacitación para que puedan reconocer los cambios físicos que se mencionan a continuación además de poder realizar las mediciones de los gases que se producen y establecer su tendencia a través del tiempo.

### 9.3.2. CAMBIOS FÍSICOS ASOCIADOS CON LA PRESENCIA DE COMBUSTIÓN DE CARBÓN EN LA MINA:

#### **SUDOR:**

El proceso de oxidación emite vapor de agua que puede condensarse en forma de gotas sobre superficies metálicas o rocosas.

#### **OLOR:**

La detección humana se basa en el reconocimiento de los olores asociados con las fases de combustión - olor a humedad - olor a parafina - olor a gasolina, a medida que el calor aumenta.

#### **NIEBLA:**

Cuando el aire húmedo entra en contacto con aire más frío puede formar una niebla visible.

#### **HUMO:**

Se hace visible en las inmediaciones del fuego.

#### **SUPERFICIES CALIENTES:**

Se presentan en zonas aledañas al área afectada por un fuego que puede estar presente, incluso al interior del macizo en el que se detecte la superficie caliente.

Es necesario implementar un sistema de vigilancia eficaz en una etapa temprana. El mejor y más fácil indicador es el cambio (aumento) en la concentración de monóxido de carbono con el tiempo (tendencia). Estas mediciones pueden ser tomadas por monitores permanentes, mediante multidetectores de gases o tomando muestras de aire para su posterior análisis detallado en el cromatógrafo de gases. Este último método proporcionará información más detallada de los gases presentes.

La relación entre la proporción de monóxido de carbono y la deficiencia de oxígeno medidos en el aire de la mina proporciona información adicional y, con frecuencia, más específica sobre los procesos de oxidación que se presentan durante las primeras etapas de la combustión espontánea del carbón que puede convertirse en un incendio activo.

Los experimentos muestran que la intensidad de la intoxicación por monóxido de carbono depende de la cantidad de gas presente, el tiempo durante el cual la persona esté expuesta al gas y la condición física de la persona.

La naturaleza tóxica del monóxido de carbono se debe a su disposición para combinarse con la hemoglobina, con la cual entra en contacto al inhalarse, formando la carboxihemoglobina la cual no es capaz de suministrar oxígeno a los tejidos del cuerpo, un efecto que genera incapacidad física e

incluso, la muerte, según el nivel de saturación de la sangre por este gas.

A continuación, se muestra en la presente tabla los gases que se producen en los incendios bajo tierra que presentan un riesgo de explosión dentro de las labores mineras.

**Tabla 9.2. Gases que se producen en los incendios bajo tierra que presentan un riesgo de explosión dentro de las labores mineras.**

Gas	Gravedad Especifica	LTEL	STEL	Limites. Explosividad	Riesgos
Metano	0,55			5-15	Asfixia Explosivo
Monóxido de Carbono	0,97	30 ppm	200 ppm	12-74	Tóxico Explosivo
Sulfuro de Hidrógeno	1,17	5 ppm	10 ppm	4,3-43	Tóxico Explosivo
Hidrógeno	0,07			4-74	Explosivo

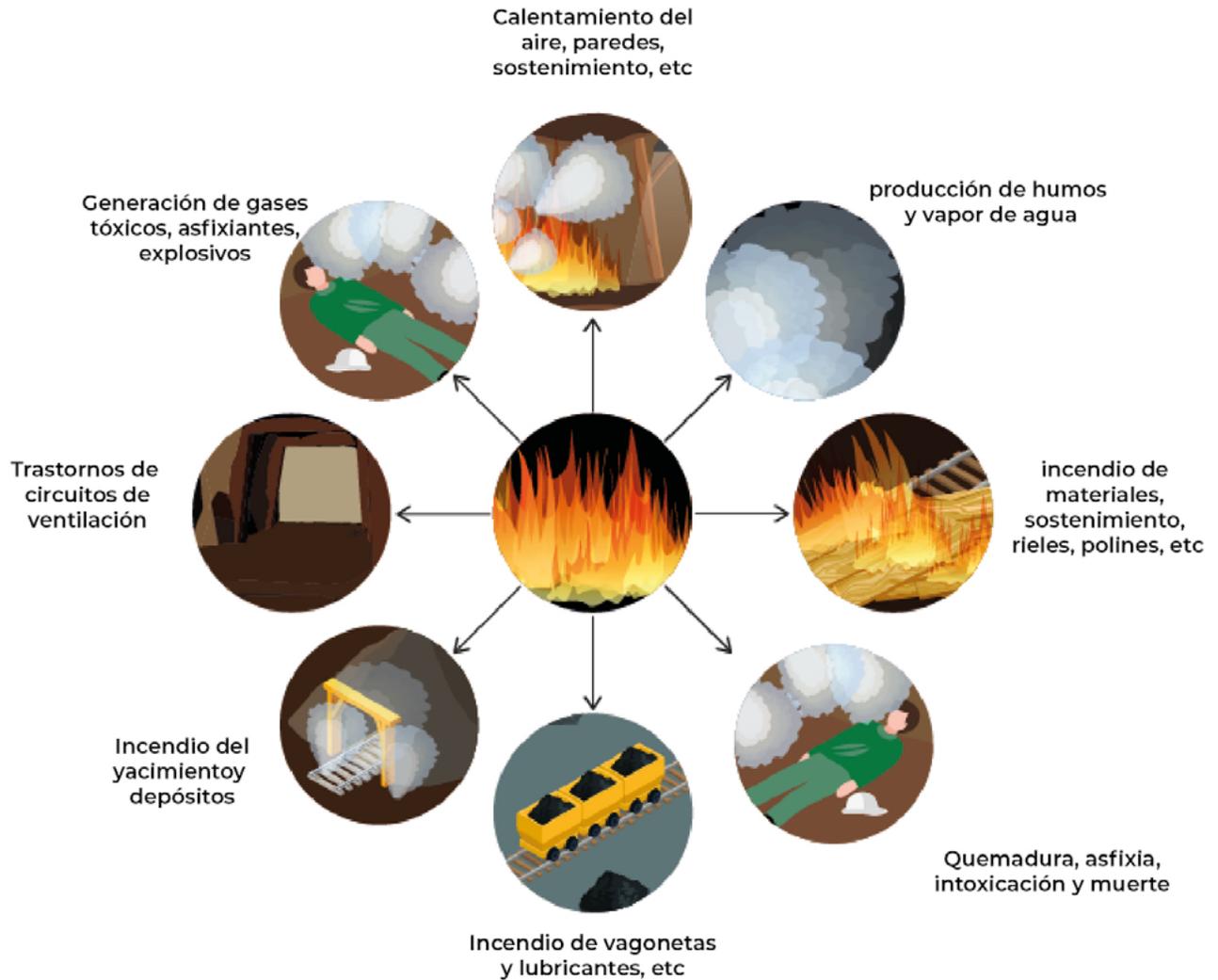
Durante muchos años se han llevado a cabo diversas investigaciones con respecto a los gases producidos por los incendios de minas, su variabilidad con respecto al tipo de combustible y la disponibilidad o no de un suministro continuo de oxígeno durante el proceso de combustión. A excepción del metano que, con gran probabilidad, se encuentra siempre presente en las minas de carbón, todos los demás gases son productos del incendio.

Por otra parte, en la siguiente tabla se muestra los indicadores de la evolución de un incendio o calentamiento según Mackenzie-Wood, 1985.

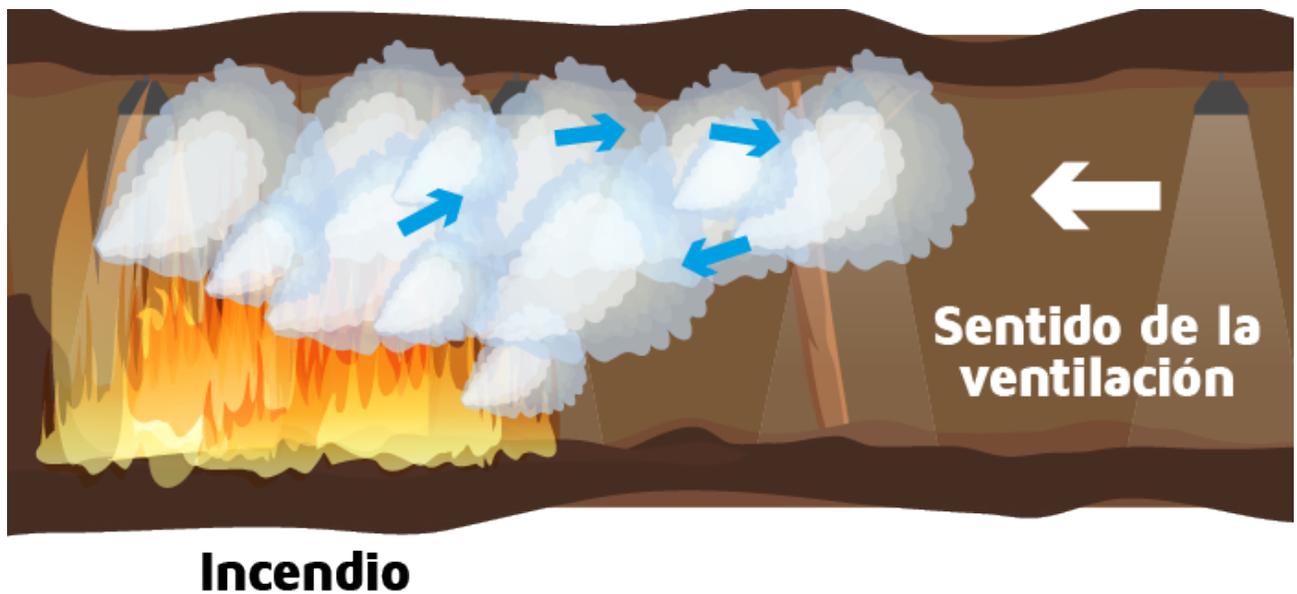
**Tabla 9.3. Indicadores de la evolución de un incendio o calentamiento según mackenzie-wood, 1985.**

Indicadores de la evolución de un incendio o calentamiento (Mackenzie-Wood, 1985)	
Relación de Graham (CO/deficiencia de O <sub>2</sub> )	<0,4: normal 0,5: sospechoso 1,0: calentamiento probable 2,0: calentamiento serio 3,0: incendio activo
Producción de CO <sub>2</sub> y relación CO <sub>2</sub> / deficiencia de O <sub>2</sub>	Si la producción de CO <sub>2</sub> es insignificante, la relación de CO <sub>2</sub> / deficiencia de O <sub>2</sub> indica que la combustión espontánea alcanzó su punto máximo y disminuye hacia su extinción.
Producción de CO y relación de CO <sub>2</sub> / CH <sub>4</sub>	Si la producción de metano es razonablemente constante, esta relación es útil cuando se emplea a la inyección de nitrógeno.
Relación de CO/CO <sub>2</sub>	Este es un buen indicador de temperatura hasta 12°C, excepto cuando CO <sub>2</sub> es un gas normal en el manto.
N <sub>2</sub> / (CO+CO <sub>2</sub> )	Este es un buen indicador de temperatura, pero no es posible utilizar la función diatónica cuando se inyecta nitrógeno.

### 9.3.3.EFECTOS DE LOS INCENDIOS SUBTERRÁNEOS.



### RETROCESO DE LOS HUMOS DE INCENDIO



El retroceso del humo de un incendio subterráneo se presenta cuando a pesar de conservar la dirección original del flujo de aire una cantidad de ese humo se traslada por la parte superior de la vía en dirección contraria.

El retroceso del humo puede presentarse solo en la parte superior de la vía, pero en algunos casos puede suceder que se desplace por toda la sección transversal de la misma.

El retroceso del humo puede ser peligroso en algunos casos, cuando su cantidad y concentración sean tan grandes que se dirigen nuevamente al foco de incendio poniendo en grave peligro la vida de las personas que trabajan en la extinción.

Es por esto que es obligatorio mantener el circuito de ventilación natural asistido por la ventilación forzada, para que en todo momento se asegure la dirección de la corriente de aire y no se presenten los anteriores fenómenos.

“Instrumentos para detección y medición de monóxido de carbono. En aquellas labores mineras subterráneas donde se presenten fuegos o incendios, se debe contar con la instrumentación adecuada para la detección y medición continua del monóxido de carbono (CO). Durante la intervención que se hace para sofocar el fuego, se debe medir

este gas continuamente”.

*Artículo 205 de Decreto 1886 de 2015.*

**Causas del retroceso de humos**

El incendio es tan grande que el volumen de humos producidos no cabe en la vía de evacuación.

La utilización de agua en la extinción genera grandes cantidades de vapor que se mezcla con el humo y tampoco caben en la vía de evacuación.

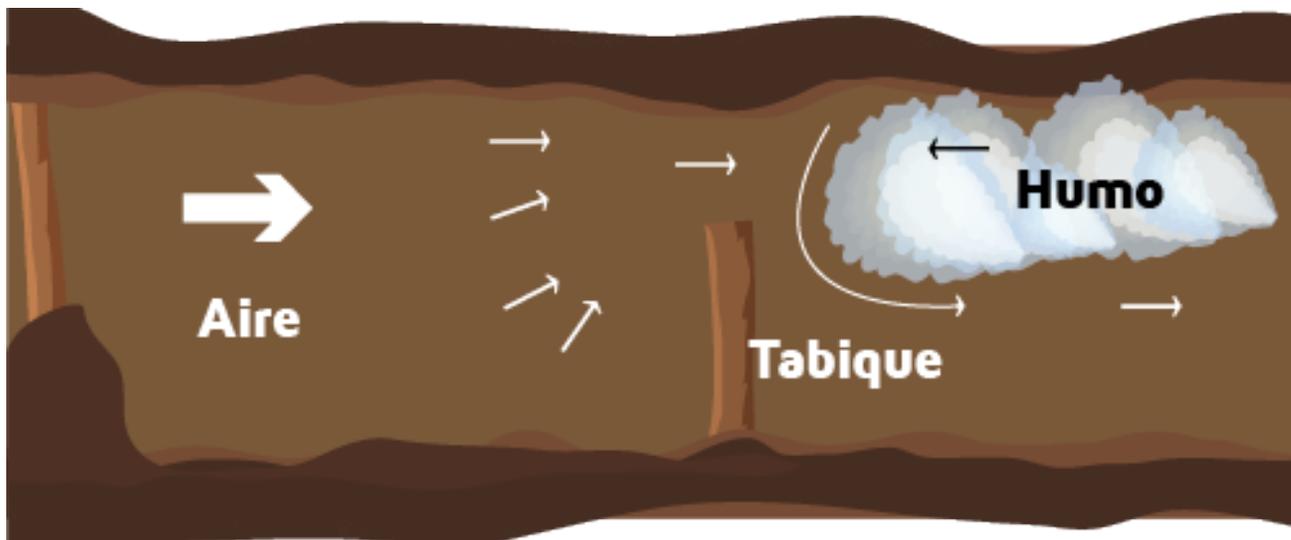
Las grandes temperaturas del incendio causan trastornos en la ventilación al reducir el efecto de los ventiladores.

Por el sellamiento de algunas zonas a causa del incendio se aumenta la resistencia a la salida del humo.

Si se utilizan grandes cantidades de agua en la extinción esta se localiza en las zonas bajas y puede sellar las vías evitando el paso del humo.

Cuando se establece con seguridad que las vías por donde sale el humo hacia la superficie no van a cerrarse completamente, es posible evitar el retroceso por la parte superior de las vías, construyendo tabiques fijos o temporales para hacer que aumente el flujo de la corriente de aire por esa parte superior tal como se ve en la figura 9.1.

*figura 9.1. retroceso de humos.*



Si las vías de salida del humo están selladas la acción de extinción debe iniciarse y controlarse desde un sitio seguro para los socorredores y evitar el riesgo del humo caliente y otros efectos.

## 9.4. MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE LOS INCENDIOS SUBTERRÁNEOS

### 9.4.1. PREVENCIÓN DE LA COMBUSTIÓN ESPONTÁNEA

En la etapa de diseño:

- a) Trazados simples que se puedan aislar con facilidad.
- b) El uso tajos largos o cortos en retroceso.
- c) Planeación del trazado en función de las explotaciones en otros mantos del depósito.
- d) Dejar pilares adecuados para evitar el aplastamiento excesivo.
- e) Minimizar el diferencial de presión en los tabiques de sellamiento y en los depósitos subterráneos de estéril.

En la etapa de producción:

- a) Retiro de recuperables y sellamiento de las áreas explotadas dentro de los tres meses siguientes al cese de la producción
- b) Disminuir al mínimo las fugas de aire en la mina mediante su correcta distribución (la combustión espontánea suele ocurrir cuando hay circulación forzada de aire a través del carbón alrededor de los tabiques de aislamiento)
- c) Puertas, reguladores, tabiques, etc., ubicados correctamente.
- d) La presión de ventilación debe ser estable y las fallas eventuales de los ventiladores deben ser mínimas.
- e) El avance en los tajos debe ser constante, con pilares de protección

de vías sólidos. En los mantos de alto riesgo de combustión espontánea, se debería utilizar una cobertura sellante que contenga inhibidores de fuego en los pilares de protección de vías, en los pilares de las cámaras y en la línea de inicio del tajo.

f) Palancas, especialmente las de madera, no deben ser dejadas entre material suelto, y el carbón, a menos que haya sido tratado, no debe usarse como material de relleno.

g) Las vías deben ser lo suficientemente grandes para mantener una adecuada velocidad del aire.

h) Inyectar nitrógeno detrás del tajo para reemplazar el oxígeno presente en el carbón fracturado.

209

### 9.4.2. EXTINCIÓN DE LOS INCENDIOS SUBTERRÁNEOS

“Construcción de tabiques de aislamiento. Cuando se presente fuego o incendio, se debe intervenir con materiales adecuados y personal de socorredores entrenados para construir tabiques de aislamiento. Mientras éstos se construyen, los socorredores que participan en esta labor, deben contar con el equipo de circuito cerrado de respiración”.

*Artículo 204. Decreto 1886 de 2015.*

Los métodos de extinción de incendios subterráneos pueden clasificarse así:

Extinción directa o activa de focos de incendios subterráneos.

Se llaman así porque los medios de extinción utilizados se aplican directamente en el foco, buscando lograr el enfriamiento, sofocación o aislamiento. En este caso se puede utilizar elementos como:



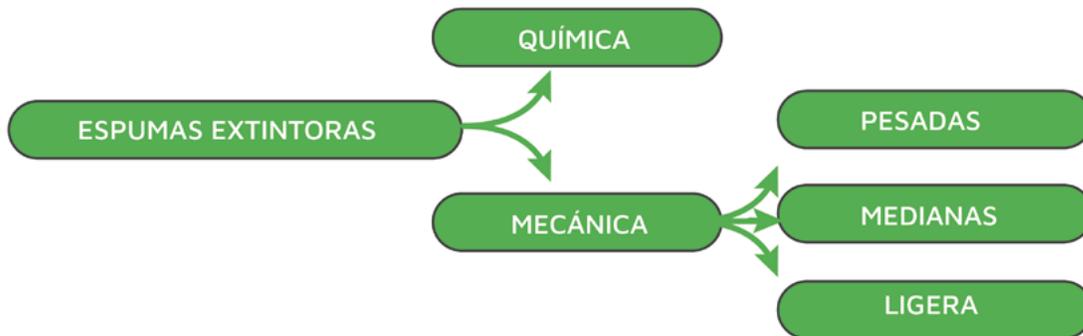
### Agua

Aunque el agua es el elemento extintor de más frecuentemente uso en las minas, se debe analizar cuidadosamente la posibilidad de desalojar el vapor en el foco del incendio, impedir el retroceso del humo y evitar la inundación y sellamiento de los sitios bajos, para no poner en peligro la vida del personal que en ese momento esté en la mina.

### Arena, Polvo inerte

#### Espumas extintoras

Se utilizan principalmente porque aíslan el material combustible del aire del ambiente local.



### Polvos extintores

Son elaborados a partir de sólidos que se trituran hasta pulverizarlos, dependiendo de su composición química se utilizan en fuegos tipo A, B, C, E o B, C, E.

Su principal aplicación está en los incendios de líquidos combustibles, gases e instalaciones eléctricas bajo tensión.

El chorro del polvo extintor, al hacer contacto con el material combustible incandescente, se somete a fusión parcial, formando una

masa vítrea sobre este. La masa cubre el material y lo aísla efectivamente del acceso del aire, produciéndose así la extinción.



### Gases inertes

Hace algún tiempo se utilizó bastante el bióxido de carbono, para la extinción de incendios, pero con la aparición de polvos extintores y halogenados, ya no se utilizan más.

Actualmente se utilizan otros gases como el nitrógeno. Pero su efecto no es la extinción directa sino la inertización o neutralización de la atmósfera, la cual consiste en la disminución del contenido de oxígeno y la disolución de los gases combustibles o explosivos.

Halones: son líquidos que tiene un punto de ebullición muy bajo y por lo tanto se evaporan con facilidad y rapidez, formando gran cantidad de gases pesados, no tóxicos, no conductores de la electricidad, no corrosivos y no fácilmente móviles con lo cual obstruyen del acceso del aire al foco de los incendios.

A continuación, en la figura 9.2. se muestran los elementos utilizados para la extinción directa teniendo en cuenta el elemento combustible que se está incendiando.

*Figura 9.2. Elementos utilizados para la extinción directa teniendo en cuenta el elemento combustible que se está incendiando.*



Para tipos clase A, B, C  
Agentes Halogenados  
Químico Seco Multipropósito

Para tipos clase B, C  
Dióxido de Carbono  
Químico Seco  
Agentes Halogenados

Para tipos clase K  
Base de Químico Húmedo  
Base de Químico Seco

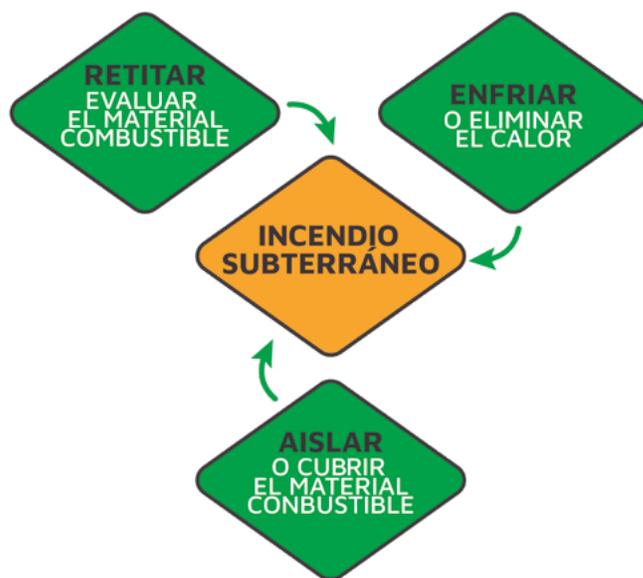
Fuente: Icontec, Norma Técnica Colombiana 2885

## **9.5. ATENCIÓN DE UNA EMERGENCIA CAUSADA POR INCENDIOS**

### **9.5.1. PRINCIPIOS PRÁCTICOS DE LA LUCHA CONTRA LOS INCENDIOS SUBTERRÁNEOS**

Lo fundamental es determinar el tipo de incendio y seleccionar el método más efectivo de lucha, en cada caso.

Sin embargo, cualquiera que sea el método, este debe observar los siguientes principios generales.



### **9.5.2. EXTINCIÓN INDIRECTA O AISLAMIENTO DE LOS FOCOS DE INCENDIO SUBTERRÁNEOS**

Luego de realizar las maniobras para la extinción de incendios de manera directa y no se logran los objetivos se debe iniciar con las tareas para la extinción de forma indirecta o de aislamiento con el fin de evitar la penetración del aire al foco del incendio.

#### **ETAPA 1.**

Aislamiento Provisional del incendio

Para su ejecución se debe tener en cuenta:

Tamaño del incendio e intensidad del flujo de aire que corre por el foco.

Si el personal que trabaja en las vías por donde se desplazan el humo y los gases, deben utilizar los equipos de protección como filtros autorrescatadores o el equipo de circuito cerrado

Si es posible llevar el aire respirable al personal desde corrientes adyacente al foco del incendio.

Las necesidades vinculadas a la extinción directa del incendio y el aislamiento definitivo.

Grado de grisutuosidad de la mina y otros gases especialmente en la zona afectada por el incendio

El aislamiento provisional del exceso de aire al foco del incendio puede hacerse de la siguiente manera:



Construyendo un tabique en tela de ventilación impregnado, encauchetados o con plástico, fijándolo al sostenimiento de la vía o fabricando un marco especial.

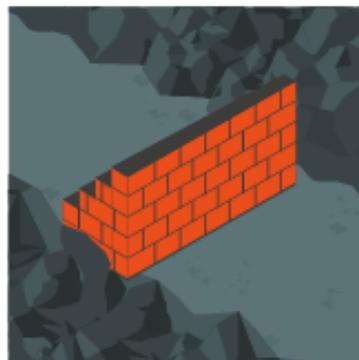
Si no hay tela especial para ventilación se pueden usar otras que cumplan el mismo objetivo remojándolas en agua o en mortero de cemento. (lechada de cemento).

Se puede construir uno de los tabiques temporales que aparecen en los siguientes gráficos.

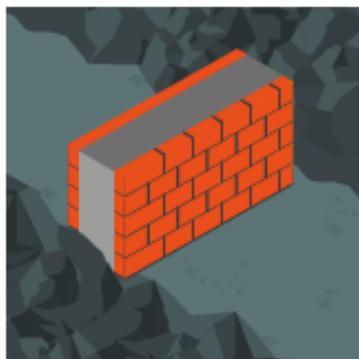
**Tabla y arena**



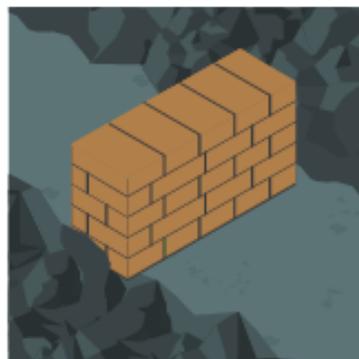
**Ladrillos y lona**



**Materia esteril**



**Sacos de arena**



Condiciones que debe cumplir un aislamiento provisional.

Construirse lo más cerca posible al foco del incendio.

Si un incendio está cerca de un cruce de vías, hacer un sellamiento en cada una de las ramificaciones.

Seleccionar un lugar que garantice hermeticidad y que posibilite: extraer equipos que estén en peligro, acceso para la construcción del tabique definitivo e instalar equipos de control de incendio.

Cumplir en un momento dado las mismas tareas de un aislamiento definitivo.

En este caso se puede utilizar materiales como desechos de hornos de siderúrgica, cenizas, desechos de centrales térmicas, yeso o también mezclas de cemento

**ETAPA 2**

**Aislamiento definitivo del incendio:**

**COMPONENTES DE LOS TABIQUES AISLANTE**

Cuando se construyen tabiques aislantes definitivos de focos de incendios, se deben instalar en ellos algunos elementos y dispositivos que garanticen el control del incendio, y a la vez protejan el lado accesible del tabique contra la penetración del fuego.

el calculo de la lingitud del tabique esta dado por:

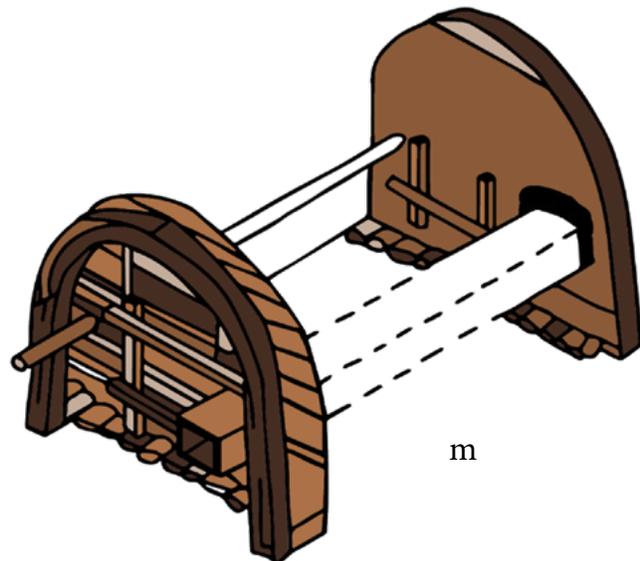
$$L = \frac{(B + H)}{2} + 1$$

**Donde:**

L = Longitud en metros del tabique

B = Ancho de la via donde se va a construir

H = Altura de la via donde se va a construir (m)



Las partes principales son tubos de comunicación con la zona incendiada para medir temperaturas en la zona incendiada por lo que debe tener una válvula en el extremo, para toma de muestras de aire del interior y sean analizadas en laboratorio, un tubo con manómetro de agua para conocer la presión en el interior, y otro tubo para evacuar el agua por lo que debe llevar un sifón y válvula en la parte exterior para evitar contacto con el aire y un tubo de inspección de mínimo 600 mm de diámetro con tapa de cierre hermético

toma de muestras y evolución del fuego.

### 9.5.3. EFECTOS DE LOS INCENDIOS EN LAS PERSONAS



215

### 9.5.4. PRINCIPIOS BÁSICOS PARA REALIZAR ACCIONES DE SALVAMENTO EN CONDICIONES DIFÍCILES DE CALOR Y HUMEDAD:

- Considerar detenidamente la decisión de llevarlas a cabo, teniendo en cuenta su necesidad y los efectos esperados.
- El tiempo de permanencia de los socorredores se debe determinar según las condiciones de calor y humedad del aire en el sitio de trabajo.
- En estas acciones solo deben participar los socorredores que el día de efectuar el trabajo se sientan muy bien de salud y que hayan recibido entrenamiento especial para afrontar esas condiciones difíciles.
- Antes y después de cada acción los socorredores deberán ser examinados por un médico. Disponer de dos cuadrillas de reserva o protección.
- Disponer de todos los medios y mantener comunicación permanente entre la base y las cuadrillas que están operando.
- Si hay interrupción de la comunicación se debe enviar inmediatamente una cuadrilla de protección manteniendo también comunicación permanente.
- Dotar a las cuadrillas de todos los elementos para medir la temperatura y humedad del aire en el sitio de trabajo.
- Tener en la base de salvamento todos los elementos para la recuperación de los socorredores tales como: líquidos, mantas, toallas, alimentación, etc.
- Llevar una bitácora o libro de registro de cada una de las órdenes dadas, informe recibidos, horario de participación y otros detalles por mínimos que sean.
- En la base de salvamento debe permanecer una persona calificada y con experiencia práctica en este tipo de acción. Debe establecerse estrecha cooperación entre el jefe de la acción, el jefe de la base de aire fresco si existe, con el grupo de especialistas.

- No se debe cambiar la situación de depresiones en la zona de riesgo durante la permanencia de los socorredores allí.

### 9.5.5. DEBERES DE LAS CUADRILLAS DE SALVAMENTO EN CONDICIONES DIFÍCILES DE CALOR Y HUMEDAD:

El jefe de la cuadrilla o cuadrillero debe enterarse de las condiciones que prevalecen en la zona de riesgo o bien prever las situaciones que enfrentará cuando haga el reconocimiento de la zona con su cuadrilla.

Si el recorrido es largo y complicado por las vías bajo tierra, se debe incluir en la cuadrilla un guía que conozca bien toda la mina.

El jefe de la cuadrilla o cuadrillero debe realizar las tareas asignadas exactamente según las instrucciones dadas por el jefe de la acción.

Si las tareas no incluyen el rescate de personas el tiempo de permanencia será determinado por la duración en las mediciones de temperatura y humedad del aire.

Antes de entrar en acción, cada uno de los socorredores debe ser examinado por un médico y autorizado para trabajar.

El jefe de la cuadrilla debe elaborar un pormenorizado informe desde el momento de ingresar a la mina, condiciones en el sitio, forma de realización, de los trabajos y el viaje de retorno.

Si la comunicación con la base se interrumpe el cuadrillero debe evacuar inmediatamente su cuadrilla para evitar la intervención de las cuadrillas de reserva.

Mientras la cuadrilla esté en la zona de riesgo el cuadrillero debe estar siempre atento a las condiciones circundantes midiendo la temperatura y las condiciones de monóxido

de carbono.

Un socorredor no puede participar más de una vez en 24 horas, salvo necesidad en caso de rescate de personal y que sea autorizado por el médico.

Si un socorredor da señal de mal estado físico o anímico o si las condiciones empeoran y se pone en riesgo al personal el cuadrillero debe tomar la decisión de evacuar la cuadrilla e informar al jefe de la acción y si es necesario pedir ayuda.

### 9.5.6. ACCIONES DE SALVAMENTO EN CASO DE INCENDIOS BAJO TIERRA

#### Alistar equipos y aparatos



Desde la Estación de la ANM se debe dirigir a la mina con todos los equipos que sean necesarios para la atención de una emergencia minera por incendio; teniendo en cuenta que el titular minero es el responsable de tener los equipos y materiales que no se tengan en las ANM que para este caso particular serían los insumos principalmente como Agua, Arena, extintores, etc.

#### Recibir instrucciones

Los socorredores mineros reciben las instrucciones necesarias del jefe de la emergencia quien dirigirá los trabajos desde superficie o desde la Base de Aire fresco.

## Ingresar a la mina

Siempre instalados los equipos de circuito cerrado, cámara térmica, multidetector de gases y equipo de comunicaciones Trasládese con su cuadrilla al sitio donde debe estar el foco del incendio. Lleve un plano o un guía y mantenga permanente contacto con la base en superficie. Observe y anote todas las condiciones que considere anormales y que encuentre dentro del recorrido. Presencia de neblina, agua, olor a quemado)

**NOTA:** Si hay presencia de neblina es más ventajoso que los socorredores lleven la lámpara en la mano si son demasiados espesos o densos, es necesario colgarla para que alumbré el piso o la carrilera si la hay. Con esto se evita la reflexión enceguecedora por llevar la lámpara en el casco.



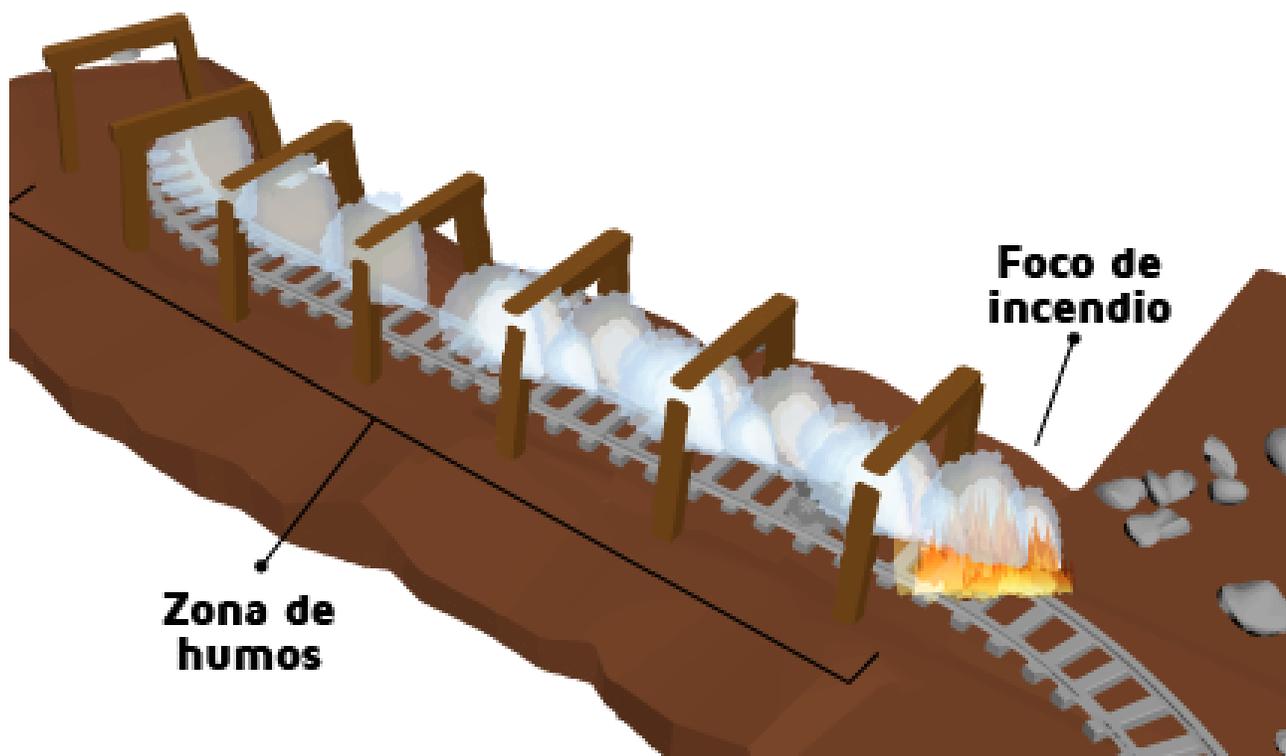
217

Haga un registro de gases a intervalos regulares y anote el resultado. Observe principalmente la presencia el vapor de agua o de humo



Haga lectura de manómetros en cada uno de los equipos de circuito cerrado de respiración de los socorredores y anote los resultados en la tarjeta de control de oxígeno.

### Ubicar el foco del incendio



Si las condiciones permiten acercarse al foco señálelo directamente en el plano.

Proceda a medir temperatura y humedad del aire con el psicrómetro para determinar el tiempo máximo de permanencia en el lugar o utilice entonces el procedimiento para la utilización del termohigroanemómetro para establecer la temperatura húmeda y la temperatura seca y la humedad relativa del sitio, además de la utilización de la cámara térmica con el fin de obtener la mayor captación de información posible.

### Determinar el tiempo máximo de permanencia

dado que las mediciones realizadas sobrepasan el 85% de la humedad en el aire debe determinarse el tiempo de permanencia para los socorredores así:

Si se están utilizando equipos de respiración de oxígeno comprimido localice los valores de las lecturas obtenidas en los termómetros húmedo y seco.

En tabla 9.3 se presenta la relación de temperaturas seca y húmeda mediante la cual se obtiene el tiempo de permanencia, de la siguiente manera: busque la cifra correspondiente al cruce entre los valores obtenidos, en las respectivas columnas vertical ( $20^{\circ}\text{C}$ ) y horizontal ( $27^{\circ}\text{C}$ ), que en este caso corresponde a 60. Este valor 60, será el número máximo en minutos que la cuadrilla puede permanecer en este sitio, después debe ser evacuada.

Tabla 9.3. Cálculo del tiempo de permanecia

**ATMOSFERAS PARCIALMENTE SATURADAS  
APARATOS OXIGENO COMPROMIDOS**

TERMOMETRO HUMEDO °C	TERMOMETRO SECO °C								
	26	29	32	35	38	40	43	46	49
	Perioso de seguridad en minutos								
22	-	-	-	-	-	-	-	-	59
24	-	-	-	-	-	60	59	57	54
25	-	-	-	60	56	54	53	52	48
27	60	60	56	53	50	48	46	44	41
28	-	50	49	46	44	42	40	38	36
29	-	44	42	39	38	36	34	33	33
31	-	-	37	35	34	32	30	29	28
32	-	-	32	31	30	28	27	26	25
34	-	-	-	27	25	25	24	24	22
35	-	-	-	24	23	22	21	21	20
36	-	-	-	-	29	20	19	19	-
38	-	-	-	-	19	-	-	-	-

Elaborar el plan de acción y ejecutarlo.

Esta operación de técnicas especializadas después de analizar los resultados de las mediciones realizadas por la primera cuadrilla de salvamento, tales como:

- Lecturas de concentraciones de monóxido de carbono.
- Lecturas de porcentajes de oxígeno.
- Lecturas de temperatura húmeda, seca y humedad relativa.
- Lecturas de otros gases.
- Cambiar o variar los circuitos de ventilación.

- Proceder al rescate de personal afectado.

- Si dispone de medios extinguir o comenzar la extinción del incendio.

El cuadrillero está en la capacidad de tomar decisiones importantes como:

- Cambiar o variar los circuitos de ventilación.
- Proceder al rescate del personal afectado
- Si dispone de medios comenzar la extinción del incendio
- Regresar a superficie sin realizar

ningún trabajo según las condiciones

- Suspender el uso de equipos de respiración de los socorredores si las condiciones lo permiten.

### **Elaborar el informe**

Para elaborar el informe es necesario conocer el total de los socorredores que intervinieron en la acción de rescate.

Las personas involucradas que se rescataron, además, de los equipos.

Las acciones adelantadas bajo tierra y en superficie; además de las condiciones encontradas dentro de la mina, según los datos de las tarjetas utilizadas para registrar las condiciones de la presencia de gases y las condiciones de temperatura y humedad presentes en la mina.

Además, de los equipos y materiales utilizados en la acción de rescate.

## **TEST DE RETROALIMENTACIÓN**

1. Describa el posible origen de los incendios en minas subterráneas.
2. Describa las acciones de salvamento para atender una emergencia causada por incendio subterráneo.
3. Enuncie los principios básicos a considerar durante las acciones de Salvamento Minero en condiciones de calor y humedad.
4. Enuncie los deberes del cuadrillero durante la atención de una acción de Salvamento Minero en condiciones de humedad y calor.
5. ¿Cómo puede ser aislada una zona incendiada?

# CAPÍTULO 10



## **RESPONSABILIDAD**

El Socorredor Minero durante la atención de una emergencia minera debe cumplir de manera estricta con las obligaciones asignadas en razón de su labor. Así mismo debe procurar que sus decisiones estén encaminadas a lograr el objetivo de la atención.

**ATMÓSFERAS IRRESPIRABLES EN  
MINAS BAJO TIERRA**

## **10.1. DEFINICIÓN**

Las atmósferas mineras se convierten en atmosferas irrespirables cuando el aire se contamina con gases tóxicos, asfixiantes o explosivos y en este momento se disminuye la cantidad de oxígeno lo cual se denomina irrespirable y es dañino para la salud llegando posiblemente a causar la muerte rápidamente. Si un cambio en la calidad del aire se presenta, es posible que los mineros tengan muy poco tiempo para protegerse según el origen de la presencia de los gases. Incendios, explosiones, entrada súbita de gas, caída de un segmento grande de techo o explosivos son causas comunes de grandes y repentinos cambios de la calidad del aire en los sitios de trabajo subterráneo.

### **Gases:**

Es el término general en la minería para productos gaseosos presentes en las minas, o formados en ellas, especialmente minas de carbón, y que son diferentes del aire puro. (Metano, Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono, Nitrógeno, Sulfuro de hidrógeno).

### **Gravedad Específica:**

El peso de un gas en comparación con el peso del mismo volumen de aire, a la misma temperatura y presión.

### **Inflamable:**

Que se inflama o arde con facilidad y, cuando se mezcla con aire dentro de ciertos límites, propagará las llamas alejándose de la fuente de ignición.

Algunas veces, estos límites son denominados límites de explosividad

porque la presión se suele relacionar con la propagación de las llamas.

### **Límite Máximo de Exposición:**

(MEL, por sus siglas en inglés) La concentración máxima de una sustancia en el aire promediada sobre un periodo de referencia (por ejemplo, un término de 8 horas) a la cual los trabajadores pueden exponerse por inhalación en cualquier circunstancia. Estas sustancias generan efectos agudos y, por lo tanto, estos límites nunca se deben superar.

### **Estándar de Exposición Ocupacional:**

(OES, por sus siglas en inglés) o Límite de Exposición para un periodo largo de tiempo (8 horas de un turno normal), VLP TWA según los términos del Decreto 1886 de 2015. Es la concentración de una sustancia en el aire durante un periodo de referencia de la que no hay evidencia que produzca daño para la salud de los trabajadores por

una exposición repetitiva (día tras día) por inhalación.

### **Límite de Exposición a Corto Plazo - (15 minutos) o VLP STEL**

Según el Decreto 1886 de 2015. Concentraciones máximas de un contaminante en el aire por encima de las cuales no debería estar expuesto un trabajador durante un tiempo mayor a 15 minutos.

### **Sustancias peligrosas:**

Las personas están expuestas a una diversidad de sustancias en su trabajo (por ejemplo, en la minería, pueden ser gases, humos, polvos, químicos, etc.) que, bajo ciertas circunstancias, pueden tener efectos dañinos en su salud. Un OES (VLP TWA – VLP STEL) se establece al nivel en que (con base en el conocimiento científico actual) no hay indicios de riesgos para la salud de los trabajadores expuestos por inhalación diariamente. Si la exposición a una sustancia que cuenta con un OES se reduce al menos a dicho nivel, se ha logrado un control apropiado. Si excede este nivel, debe buscarse la causa y tomar las medidas necesarias para reducir la exposición a la sustancia tan pronto como sea posible.

223

### **Atmósfera Minera:**

La Tierra está completamente rodeada por una capa de gases llamada “aire”, la cual forma la atmósfera y es esencial para la vida en la Tierra. Las propiedades de los principales gases se encuentran consignadas en el capítulo 3 del presente manual.

### **Presión Atmosférica:**

El aire se vuelve menos denso a mayor altura sobre la superficie de la Tierra. A medida que se alcanza el límite de la atmósfera, hay una reducción gradual en el número de moléculas de aire. No hay una línea divisoria definida entre la atmósfera y el espacio, pero es generalmente aceptado que el aire se extiende por una distancia de 30 km por encima de la superficie de la Tierra.

## **10.2. ORIGEN**

La atmósfera Minera es contaminada por la presencia de muchas sustancias como gases, polvo, vapores inclusive materiales radioactivos.

Algunos gases tienen su origen de forma natural con el avance de las diferentes labores mineras por lo que están contenidos en los estratos que se deben cortar para la construcción de las diferentes vías internas de las minas como el dióxido de carbono que también se produce por la respiración de personas, metano (en las minas de carbón principalmente).

Otros gases se originan de forma secundaria como el monóxido de carbono por la utilización de máquinas de combustión interna, gases originados por la utilización de explosivos para el avance de las labores mineras, el ácido sulfhídrico se forma por la presencia de cantidad de aguas al interior de la mina, algunos de estos solo se pueden identificar su presencia con el multidetector, equipo para la medición de gases.

Además, se produce humos, vapores y polvo las cuales contaminan el aire fresco que ingresa por el circuito de ventilación.

Junto con ellos, factores como la temperatura que se ve afectada al interior de la mina los cambios de la temperatura seca y la temperatura húmeda hacen que se presenten valores elevados de la humedad relativa en la atmósfera de la mina, logrando valores que puede tener efectos adversos sobre las personas



Otro factor que se ve afectado es la presión atmosférica, el aire es más denso en el fondo del pozo de una mina que en la superficie de la Tierra debido a una mayor columna de aire sobre aquel. El aire ejerce presión. Las variaciones en la presión barométrica afectan enormemente lo que ocurre con la atmósfera subterránea. Es especialmente importante que el personal de salvamento minero entienda estas variaciones y sus efectos sobre las emisiones de gases de la mina. Cada mina debería tener un barómetro ubicado en la superficie de la mina, disponible para la lectura por todas las personas. El operador de la mina debería exigir que se tomen y registren lecturas del barómetro inmediatamente antes de ir bajo tierra al comienzo del turno y al retornar a la superficie; estas lecturas deberían registrarse en los informes del supervisor.

De otra forma se presentan los gases como resultado de un incendio o una explosión, como el monóxido de carbono y el bióxido de carbono se presenta también metano, además, se presentan variaciones grandes en la presión atmosférica y en la temperatura. En estos casos es muy corto el tiempo que se tiene para evacuar las labores de la mina por lo que es importante realizar las acciones que sean necesarias para la prevención de que ocurran estos fenómenos.

### 10.3. PELIGROS Y RIESGOS

Se presenta el riesgo por presencia de gases contaminantes en la atmósfera minera o por deficiencia de Oxígeno, con referencia a los efectos que causan directamente a la persona

debido a que situaciones como incendios, explosiones se tienen en cuenta en capítulos independientes. Por lo que vemos a continuación los efectos fisiológicos que causa la presencia de los gases que se pueden presentar en la atmosfera minera subterránea.

### 10.3.1. OXIGENO

*Tabla 10.1. Efectos fisiológicos de la deficiencia de oxígeno*

VOLUMEN %E	ECTOS
Mayor 23,5	Daño pulmonar. Muerte
20,9	Normal
19,5	Mínimo para la respiración en zonas de trabajo. Llama de la linterna de seguridad altamente reducida
16,0	Falta de aliento, mareo, aumento en el ritmo cardiaco, capacidad y conciencia para tomar decisiones se ve afectada. Llama de la linterna de seguridad extinta.
14,0	Facultades mentales se ven seriamente afectadas.
10,0	Nauseas, vómito, incapacidad - el esfuerzo conduce a la pérdida del conocimiento.
6,0	Pérdida rápida de la conciencia y muerte.

La presente tabla contiene los síntomas progresivos de una persona que es expuesta gradualmente a una atmósfera deficiente de oxígeno. Hasta los niveles más bajos que producen la muerte rápidamente.

El oxígeno también se puede volver un peligro si su presencia se vuelve excesiva en la atmósfera, por encima de 23,5 %. pueden causar daño pulmonar, la muerte. Los equipos de medición de gases generan alarmas cuando se tiene una atmosfera con deficiencia de oxígeno por lo que miden la concentración del oxígeno en % volumen y además se debe tener el equipo Autorrescatador que se utiliza para evacuar los lugares en que se presente esta condición.

### 10.3.2. DIÓXIDO DE CARBONO

Tabla 10.2. Efectos fisiológicos de la exposición al dióxido de carbono

Volumen %	Efectos
0,03	Normal
0,5	OES( Largo Plazo) Aumentoe nl a ventilaciónp ulmonar (VLPTWA)
3,0	OES (CortoPlazo) (VLP STEL)
3,0	Dificultad respiratoria, aumentadac uandos e hacenesfuerzos
4,0	ansiedad
+5,0	Dolorde cabeza, toxicidadagotamiento
+10,0	Colapso,fuerted olor de cabeza,palpitaciones
+20,0	Colapsónmediato
+30,0	Ceseen la respiración

Si la exposición a altos niveles de dióxido de carbono es prolongada, dará lugar a daños permanentes, especialmente derivados del correspondiente efecto de la hipoxia inducida por la reducción de los niveles de oxígeno, como se muestra en la presente tabla. Personas que pueden llegar a los equipos de rescate puede ser revivido con la administración de oxígeno, posiblemente sin efectos graves a largo plazo, siempre que su exposición haya sido limitada en el tiempo.

### 10.3.3. MONÓXIDO DE CARBONO.

Tabla 10.3. Efectos fisiológicos de la exposición a monóxido de carbono

CONCENTRACIÓN: % - ppm	EFFECTOS
0,0025 - 25	OES (exposición a largo plazo) (VLP TWA)
0,01 - 100	Dolor de cabeza cerca de siete horas después si está en reposo, o dos horas si está trabajando.
0,02 - 200	OES (exposición a corto plazo) (VLP STEL)
0,04 - 400	Dolor de cabeza y malestar, con probabilidad de colapso después de dos horas en reposo o 45 minutos de esfuerzo.

CONCENTRACIÓN: % - ppm	EFFECTOS
0,12 - 1200	Palpitaciones después de 30 minutos en reposo o 10 minutos de esfuerzo.
0,20 - 2000	Pérdida de conocimiento después de 30 minutos en reposo o 10 minutos de esfuerzo.

Este es el más peligroso de todos los gases tóxicos comúnmente encontrados en la atmósfera de la mina. Es de particular relevancia e interés para todos los trabajadores de salvamento, ya que se encuentra casi siempre cuando se requiere el uso de aparatos de respiración durante una situación de emergencia. Al mezclarse con el aire en ciertas proporciones es altamente explosivo (entre 12,5 % - 74 % por volumen). El monóxido de carbono es el efecto de una combustión incompleta y se encuentra en la mina debido a la oxidación del carbón u otros materiales carbonosos, la combustión espontánea, emisiones de escape de motores, uso de motores diésel o después de un incendio o explosión. A medida que el gas se produce naturalmente mediante la oxidación, se pueden encontrar pequeñas cantidades en la atmósfera de la mina (generalmente de 5 a 10 ppm). Esto se conoce como la “norma de CO” para el sector o para la mina. Bajo circunstancias normales, este nivel permanecerá constante. No obstante, si Fuente: Mines Rescue Service Ltda.

La norma empieza a aumentar, entonces puede indicar el inicio de una combustión espontánea o un incendio potencial, y se debe iniciar una investigación inmediata para determinar la causa de este aumento. El monóxido de carbono se produce en cantidades considerables por incendios subterráneos y explosiones de metano y polvo de carbón. En el caso de incendios, la producción de CO será relativamente pequeña en un comienzo, pero puede

alcanzar proporciones letales si el incendio se establece. Por el contrario, una explosión de metano y/o polvo de carbón puede producir niveles de monóxido de carbono de entre el 6 % y el 7 % instantáneamente. Siempre estará presente si se puede ver humo. Es un peligro para la vida que nunca se resalta lo suficiente, y es particularmente peligroso para los trabajadores de salvamento, quienes siempre deben monitorear su presencia y concentración.

#### 10.3.4. HIDRÓGENO

El hidrógeno libre no se suele encontrar en la atmósfera de una mina salvo en las estaciones de carga de las baterías usadas habitualmente en las locomotoras). Sin embargo, el hidrógeno se encuentra con facilidad en un estado combinado como constituyente del agua ‘H<sub>2</sub>O’. Debe haber una reacción química para que el hidrógeno se libere de su enlace químico con el oxígeno en el agua. El hidrógeno se produce en:

- En los incendios en minas, cuando se aplica agua a una masa incandescente, esto puede llevar a la separación de los elementos y liberar hidrógeno como “Gas de Agua”.
- El proceso de carga de baterías de ácido y plomo también produce hidrógeno (como en el caso de una estación subterránea de carga de baterías). El hidrógeno se quema en el aire como una llama no luminosa.

---

**ATMÓSFERAS IRRESPIRABLES EN MINAS BAJO TIERRA**


---

**CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL HIDRÓGENO.**

- Símbolo químico H<sub>2</sub>
- Peligro para la vida Rango explosivo 4 % -74 % por volumen
- No apoya la vida, Gravedad Específica 0,07

Este gas inodoro, incoloro e insípido, es el elemento químico más simple y más liviano.

Se difunde con mayor rapidez y tiene la mayor capacidad para la conductividad del calor que cualquier otro gas de mina. Su presencia en la atmósfera de la mina hará que otros gases inflamables tengan un mayor rango de explosividad. El único medio confiable para detectar del hidrógeno es un análisis de laboratorio.

**10.3.5. SULFURO DE HIDRÓGENO**

*Tabla 10.4. Efectos fisiológicos de la exposición al sulfuro de hidrógeno.*

CANTIDAD (ppm)	EFFECTOS
0,003	Olor a huevos podridos
0,3	Olor diferente
1,0	Límite de Exposición a Largo Plazo (VLP TWA)
5,0	Límite de Exposición a Corto Plazo (VLP STEL)
20,0	Irritación en los ojos
150,0	Pérdida del sentido del olfato
500,0	Efecto sobre el sistema nervioso central. Si la exposición continúa durante una hora, la muerte es inminente.

El ácido sulfhídrico o sulfuro de hidrógeno es una combinación de las sustancias Hidrógeno y Azufre y puede conocerse también como Sulfuro de Hidrógeno o Hidrógeno Sulfurado. Este es un gas altamente tóxico e inflamable; por lo tanto, dentro de ciertos parámetros, explotará.

El Sulfuro de Hidrógeno tiene una gravedad específica de 1,17 y por lo general se encuentra cerca del suelo (ligeramente más pesado que el aire). Es incoloro y tiene un sabor dulce y un olor similar al de los huevos podridos. Es altamente tóxico y al mezclarse con el aire en ciertas proporciones es altamente explosivo en concentraciones entre 4,3% - 43% por volumen.

Puede producirse en una mina por la acción de las aguas ácidas de la mina en ciertos

sulfuros. En algunas ocasiones se produce cuando el carbón (que contiene azufre) se calienta al contacto con el aire - como en una combustión espontánea en los estériles acumulados bajo tierra. También se puede producir al utilizar ciertos explosivos durante la voladura.

En cantidades mínimas, el gas puede detectarse por su olor (huevos podridos); sin embargo, en cantidades mayores afecta el sentido del olfato por lo que la presencia de este gas resulta engañosa. (Los mineros pueden pensar que, al desaparecer el olor, el gas también ha desaparecido). Es un gas extremadamente tóxico que se puede encontrar bajo ciertas situaciones de emergencia bajo tierra.

### 10.3.6. DIÓXIDO DE AZUFRE

*Tabla 10.5. efectos fisiológicos de la exposición al SO<sub>2</sub>*

CONCENTRACIÓN: % - ppm	EFFECTOS
0,0025 - 25	OES (VLP TWA) Valor guía no especificado OES (VLP STEL)
0,004 40	Se puede detectar por el olor
0,006 60	Pequeña irritación de la garganta
0,010 100	La tos puede comenzar
0,015 150	Incomodidad severa, puede causar neumonía
0,020 200	Probablemente fatal

El Dióxido de Azufre tiene una gravedad específica de 2,26 y, por lo tanto, se encuentra en el suelo ya que es más pesado que el aire. Es soluble en agua, formando ácido sulfuroso. Es incoloro, pero tiene un 3.4 Causadas por Deficiencia de Oxígeno y Atmósferas Irrespirables 336 olor punzante,

sofocante a azufre y un sabor ácido casi intolerable. Es altamente tóxico. El dióxido de azufre se suele encontrar en minas en las que ocurre combustión espontánea o un incendio en carbón que contiene azufre, ocasionalmente cuando se quema el caucho y en los vapores de escape del diésel. El dióxido de azufre es altamente venenoso, pero, debido a su efecto irritante sobre los ojos y las vías respiratorias, es imposible respirarlo en concentraciones peligrosas por cualquier lapso de tiempo.

### 10.3.7. DIÓXIDO DE NITRÓGENO

*Tabla 10.6. Efectos fisiológicos de la exposición al dióxido de nitrógeno*

% ppm	Efectos
0,00002 0,2	OES (VLP TWA) Valor guía no especificado OES (VLP STEL)
0,004 40	Se puede detectar por el olor
0,006 60	Pequeña irritación de la garganta
0,010 100	La tos puede comenzar
0,015 150	Incomodidad severa, puede causar neumonía
0,020 200	Probablemente fatal

Los óxidos de nitrógeno se producen en las atmósferas de la mina de dos maneras: a) Explosiones b) Motores diésel Las cantidades de 'óxidos de nitrógeno' en los vapores de explosiones pueden cambiar dependiendo de la 'eficiencia de la detonación' del explosivo que contenga compuestos como nitroglicerina o

nitrocelulosa. La detonación imperfecta de un explosivo producirá una cantidad de gas. Los óxidos de nitrógeno también están presentes en los gases del escape de motores diésel empleados en vehículos usados en las minas. Se han diseñado filtros de seguridad adicionales para estos motores con el fin de filtrar los óxidos de nitrógeno de los gases de escape. Tiene una gravedad específica de 1.6 y soporta la combustión, aunque no es inflamable por sí mismo. El término ‘Óxidos de Nitrógeno’ se utiliza para representar la suma de los óxidos tóxicos de nitrógeno - Óxido Nítrico y Dióxido de Nitrógeno. El óxido nítrico se convierte en dióxido de nitrógeno en el aire, por lo que generalmente se hace referencia a ellos de forma conjunta como Óxidos de Nitrógeno.

Características y Propiedades del Dióxido de Nitrógeno

Símbolo Químico NO (Óxido Nítrico) NO<sub>2</sub> (Dióxido de Nitrógeno).

Peligro para la vida. Tóxico.

### 10.3.8. ÓXIDO NÍTRICO

*Tabla 10.7. efectos fisiológicos de la exposición al óxido nítrico*

% ppm	Efectos
0,0025 25	OES( VLPT WA)V alor guía no especificado OES( VLPS TEL)
0,0100 100	Inmediatamente peligrosop aral as alud yl av ida

ppm pueden causar la muerte inmediata. Si se percibe cualquiera de los efectos del gas, todas las personas en la zona afectada deben evacuarse a una zona de aire fresco. Se puede monitorear en el aire mediante instrumentos que cuenten con sensores apropiados. Tanto el óxido nítrico como el dióxido de nitrógeno se pueden monitorear por separado. El efecto de intoxicación por ‘Óxido de Nitrógeno’ puede ser engañoso, ya que después del ataque inicial de tos puede ocurrir un segundo y tercer ataque minutos u horas después, siendo muchos más violentos con la posibilidad del colapso. La persona afectada puede no saber que algo está mal; sin embargo, después de algunas horas, se puede desarrollar bronquitis, la cual dependerá del nivel de exposición.

Es muy soluble en agua, formando ácido nítrico al calentarse, el gas tiene un característico color marrón rojizo que cambia a amarillo pálido cuando está frío. Si ocurre enfriamiento adicional, se condensa en un líquido amarillo pálido. El dióxido de nitrógeno tiene un olor punzante característico de vapores de ácido nítrico. Su presencia en el aire de la mina produce de inmediato una irritación extrema del sistema respiratorio, afecta los ojos y tiene un olor agrio. Incluso en pequeñas cantidades, la irritación puede causar una violenta tos, seguida de un sentimiento de bienestar y, luego, el colapso.

El dióxido de nitrógeno es un gas extremadamente tóxico; 150 ppm representa un peligro para la vida y 250

## 10.4. MEDIDAS DE PREVENCIÓN.

### 10.4.1. VENTILACIÓN

La ventilación de una mina es el único sistema de solución para la presencia de los gases, por lo que es un elemento indispensable para que exista la minería bajo tierra.

En el decreto 1886 del 15 de septiembre de 2015, Reglamento de seguridad en labores subterráneas en el “TÍTULO II VENTILACIÓN. CAPÍTULO I Disposiciones Comunes a Todas las labores Subterráneas. Artículo 35. ESTABLECE: “Plan de ventilación. Toda labor minera subterránea debe tener un plan ventilación en un término seis (6) meses, contados a partir de la publicación del presente reglamento.” Y las condiciones mínimas que debe cumplir el documento Plan de ventilación.

#### DECALOGO DE VENTILACION EN LABORES MINERA SUBTERRANES EN COLOMBIA.

Con el fin de garantizar en todos los entornos y frentes de cada labor subterránea, se disponga de una atmósfera adecuada en calidad y cantidad de aire, que redunde en mejor seguridad, confort y productividad, se deben seguir las siguientes reglas de oro de la ventilación, que definen el decálogo de ventilación.

#### IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES O REQUERIMIENTOS DE AIRE PARA LA OPERACIÓN MINERA

El operador minero debe garantizar el volumen total de aire, establecido en el Plan de Ventilación, incluyendo un volumen

adicional de aire para la dilución del gas metano, gases asfixiantes o contaminantes que se presenten, con el objeto de ventilar adecuadamente los trabajos mineros.

#### 1. Implementación de Ventilación forzada

Toda mina, de acuerdo con el Plan de Ventilación para labores subterráneas, contará con un ventilador principal para asegurar la ventilación forzada, como lo establece el reglamento de seguridad en labores mineras subterráneas. En frentes ciegos se dispondrá de un ventilador con ducto que suministre un caudal suficiente, de manera que la velocidad del aire de retorno sea mayor a 0.5 m/s para lograr un flujo en régimen turbulento.

231

#### 2. Implementación de procedimientos en monitoreo de gases y manejo de la ventilación

Controlar y monitorear diariamente la calidad del aire al interior de las labores mineras subterráneas, especialmente el oxígeno (O<sub>2</sub>) en % y el gas metano (CH<sub>4</sub>) en % y monóxido de carbono (CO), con un supervisor o técnico capacitado. Para el control de la atmósfera de los frentes de trabajo, se realizarán mediciones al inicio de cada turno de trabajo en frentes ciegos, frentes de explotación, frentes en roca, zonas de falla, especialmente las inversas y en general en aquellos frentes donde laboren el personal. Este control debe hacerse como mínimo con un multidetector de 6 gases (O<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO y H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O), debidamente calibrado.

### **3. Registro, interpretación y toma de decisiones con respecto a los datos de las mediciones del monitoreo de gases para prevenir desviaciones de manera proactiva.**

Definición de metodología y mecanismos para análisis de tendencias asociadas a la ventilación (calidad de aire, caudales, humedad relativa, presión, temperatura, presencia de gases, combustión espontánea, entre otras) y la toma de decisiones y protocolos de comunicación.

---

232

---

ventiladores, deben tener una hoja de vida para que en ella se anoten los mantenimientos realizados. Cada vez que se realice un mantenimiento debe hacerse la caracterización del ventilador por parte del proveedor o de una entidad nacional que esté certificada para la caracterización de los ventiladores. Se deben garantizar condiciones o estrategias para que los ventiladores principales, en el caso de que ocurra una explosión, queden operativos o pueda ser reemplazado y el circuito de ventilación se reestablezca en minutos.

### **4. Plan de Manejo del polvo de carbón y material particulado**

Tanto para el material particulado como para el polvo fino inflamable de carbón, todas las minas establecerán un plan de manejo, enfatizando en la reducción de producción del polvo con técnicas mejores de arranque, uso efectivo de aspersores y control en puntos de transferencia, uso de filtros en su recolección o neutralización para el control del polvo fino.

### **5. Requisitos para la operación de ventiladores y su caracterización in situ.**

Los ventiladores de minas subterráneas se deben acoger a programas de mantenimiento de acuerdo con especificaciones del fabricante o mínimo de forma semestral, para que funcionen correctamente, en cuanto a variables como caudal y presión, de manera que se lleve a las zonas de trabajo el caudal de aire establecido en el Plan de Ventilación. Esta revisión debe hacerse en el sitio donde se opera el ventilador. Para tal efecto todos los

### **6. Mediciones y aforos del circuito de ventilación para su control y mejora**

Mínimo una vez por semana se deben realizar mediciones de cantidad de aire en las estaciones de aforo definidas en el proyecto minero; a su vez, cada mes se deben hacer mediciones en todo el circuito principal de ventilación, donde para su control se midan variables como calidad del aire, caudal, gases, temperatura efectiva, humedad relativa, entre otros, para lo cual existirán tableros numerados de ventilación con toda la información. Tales resultados se registrarán en el libro de ventilación de la mina o bitácora de ventilación. En caso de encontrarse variables por fuera de los parámetros establecidos o fuera de la normatividad, inmediatamente se deben tomar los correctivos necesarios para restablecer las condiciones normales de operación del circuito de ventilación.

### **7. Definición de roles y responsabilidades en el personal y sistema de reporte de anomalías en ventilación.**

Todo el personal de la operación minera tanto operativo como de nivel gerencial (incluye todos los niveles organizacionales que tengan relación o vínculo directo o indirecto con labores de ventilación); deben conocer la importancia del control de gases y labores de ventilación, a su vez se deberán capacitar periódicamente, para que puedan cumplir con el conocimiento requerido y exigencias que se requiere en el rol técnico de los trabajos en la sección de ventilación. En igual forma cada cuatro meses o cuando lo requiera el fabricante, el técnico de ventilación de la mina debe enviar para revisión y mantenimiento los equipos para detección de gases, al proveedor, para garantizar calibración y buen desempeño del equipo.

## **8. Requerimientos de capacitación, plan de entrenamiento y plan de emergencias**

Los operadores de minas están obligados a suministrar una capacitación o certificación anual en competencias laborales y modos operatorios a trabajadores que desarrollen labores subterráneas y también a trabajadores que adelanten labores de superficie relacionadas con minería y deben capacitarse ante una entidad competente. Para tal efecto, anualmente se hará un Plan de Capacitación con un seguimiento mensual, por parte del personal de supervisión en labores de ventilación. Todos los niveles de la organización deben estar capacitados como mínimo en la identificación de riesgos de explosión, valores límites permisibles de gases y protocolos de actuación en el caso de identificar una condición insegura.

Toda mina debe hacer un análisis de vulnerabilidad de los principales riesgos, entre ellos explosiones, atmósferas irrespirables, incendios, en consecuencia, se debe diseñar un plan de emergencias y asignar los recursos para su implementación, capacitar a todos sus trabajadores en los protocolos de evacuación y respuesta a emergencias y contar y entrenar regularmente a la brigada de emergencias.

## **9. Recomendaciones generales de obligatorio cumplimiento por TODOS los niveles jerárquicos de la empresa.**

233

Se deben implementar reuniones mínimo una vez al mes entre personal técnico, operativo y administrativo, donde se evaluarán temas como:

- Estado de equipos de ventilación y stock de repuestos, entre otros.
- Avances en programa de mantenimiento de vías de ventilación.
- Análisis de variables como temperatura seca, temperatura húmeda, temperatura efectiva, humedad relativa, calidad y cantidad de aire, concentraciones de gases.
- Necesidades del grupo de trabajo o equipo de ventilación.

### **Otros conceptos para tener en cuenta**

En minas de carbón solo se usarán equipos intrínsecamente seguros o a prueba de explosión, que cuenten con sistema de protección para uso en atmósferas explosivas bajo tierra, los equipos como multidetectores y medidores de velocidad, ventiladores,

arrancadores, cables eléctricos a, electrobombas, perforadores, entre otros.

- El aire que ingrese a las minas debe ser aire fresco, no debe estar contaminado con polvos inflamables y estar libres de cualquier agente contaminante. La cantidad de aire que entre a una mina debe ser igual al aire que circule por la vía de aire viciado. Por tal razón, debe evitarse que ingrese aire de trabajos antiguos a la corriente de ventilación principal y en consecuencia las vías antiguas o labores abandonadas deben sellarse herméticamente para que no contaminen el aire de operación de la mina y no generen fugas en el circuito de ventilación.

- En las operaciones mineras subterráneas debe existir una red de hidrantes, con capacidad suficiente en suministro de volumen y presión, que garanticen la disponibilidad de agua para hacer frente a una contingencia o conato de incendio.

- Calidad del aire en el sitio de trabajo. Todas las labores mineras subterráneas accesibles al personal y aquellos lugares donde se localice maquinaria, deben estar recorridas de manera permanente por un volumen suficiente de aire capaz de mantener limpia la atmósfera de trabajo, en condiciones aceptables dentro de los valores límites permisibles. El aire que se introduzca a la labor minera subterránea debe estar exento de gases, humos, vapores o polvos nocivos o inflamables.

- Superadas las concentraciones máximas señaladas, el personal en estas labores no puede ingresar o permanecer en los sitios de trabajo, hasta que se haya diluido

el metano por debajo de los límites máximos permisibles establecidos, tarea que debe ser coordinada por el supervisor de turno. Cuando la concentración de metano sobrepase el dos por ciento (2%), a dichos lugares sólo podrá ingresar personal de salvamento con los elementos y equipos de protección personal apropiados para esta operación, con el fin de diluir el metano por debajo de los valores máximos permisibles definidos en el decreto 1886.

- Volumen mínimo de aire que debe circular en cada labor subterránea tiene que calcularse teniendo en cuenta el turno de mayor personal, la elevación de ésta sobre el nivel del mar, los gases o vapores nocivos, los gases explosivos e inflamables y los gases producto de las voladuras, teniendo en cuenta los parámetros establecidos por la altura sobre el nivel del mar de la mina y demás parámetros establecidos en el reglamento 1886.

## **MEDICION DE GASES**

El monitoreo de los gases en el medio ambiente minero es en todo momento importante para las cuadrillas de rescate. La fiabilidad, la exactitud y la tendencia de los gases, incluyendo la deficiencia de oxígeno es, por lo tanto, de vital importancia para determinar los niveles aceptables de riesgo al desplegar los equipos de rescate.

En la siguiente gráfica se muestran los gases con la ubicación en un frente de avance de acuerdo al peso específico con relación al aire normal, las propiedades físicas y los efectos nocivos de los posibles gases que se pueden presentar en la minería subterránea. Desde el más liviano que se mide en la parte superior del frente como es el caso del hidrogeno y metano hasta el más pesado que sería el SO<sub>2</sub> el dióxido de azufre. Y las propiedades físicas como

inoloro, insaboro, inodoro e irritante sofocante entre otras y los efectos nocivos que pueden llegar a presentar de acuerdo con las concentraciones existentes o que pueden llegar a presentar en un frente de avance o una labor minera, representadas dentro de los grupos principales que son los asfixiantes, los tóxicos o venenosos y los explosivos y las propiedades de radioactivos que estos lleguen a tener.

Las mediciones de los gases deben efectuarse como mínimo en los siguientes sitios:

1. Todos los frentes de avance bajo tierra
2. Los sitios de trabajo donde se ubican equipos como: Cabezas motrices y tambores de retorno de bandas transportadoras, Panzers, equipos para bombeo de aguas subterráneas, sistemas de comunicación con superficie y subestaciones eléctricas bajo tierra.
3. Vías principales de transporte.
4. Vías de tránsito de personal.
5. Comunicaciones con trabajos antiguos o abandonados.
6. En cercanía a tabiques que aislen zonas incendiadas.

El responsable técnico de la labor subterránea determinara aquellos sitios adicionales en los cuales sea necesario efectuar las mediciones.

Los resultados de las mediciones de los gases deben ser publicados en el interior de la mina en tableros de registro y control especialmente a la entrada de una labor de desarrollo, preparación y explotación; igualmente, en el libro de control de gases de la labor, adicionalmente los resultados de las mediciones deben ser divulgados a todos los trabajadores al inicio de cada turno.

El supervisor o el jefe inmediato, debe anotar previamente al iniciar cada turno, los valores de los gases medidos en los frentes



de avance y registrar igualmente la fecha, la hora y firma del supervisor.

Cada uno de los equipos utilizados para la medición de gases en la mina deberá contar con una certificación del fabricante que especifique lo siguiente:

1. Que es apropiado para uso en minas subterráneas;
2. Cumplir con los requisitos de protección de explosiones.
3. Poder detectar el tipo de gas para el cual se esté utilizando;
4. Debe contar con la certificación de calibración acorde con las instrucciones del fabricante, y
5. Ser preciso y fiable



### SISTEMA DE MONITOREO PERMANENTE

Las labores mineras subterráneas de carbón de la Categoría III, establecidas en el decreto 1886, artículo 58; deben contar con el equipo o equipos medición, deben implementar un sistema de monitoreo permanente y continuo de metano y oxígeno, en las vías principales de transporte y ventilación, en:

1. los frentes de avance y de explotación;
2. los trabajos comunicados con el circuito de ventilación de la mina; y,
3. Las vías de circulación del personal.

### SISTEMA DE MONITOREO CONTINUO DE MONÓXIDO DE CARBONO Y OXÍGENO.

En las labores mineras subterráneas de carbón o material calcáreo, en donde se tengan focos activos de incendio, además de contar con los equipos, debe implementarse un sistema de monitoreo permanente y continuo de monóxido de carbono (CO) y oxígeno (O<sub>2</sub>) en los sitios definidos en el párrafo 2 artículo 46 del Reglamento 1886, Reglamento de seguridad en labores subterráneas. En la fotografía se muestra los valores en el computador en superficie que arrojan los sensores instalados al

interior de la mina y cuando alguno de los gases monitoreados superan el valor límite permisible o el oxígeno se reduce menor del valor límite permisible, en este computador se activan las alarmas.

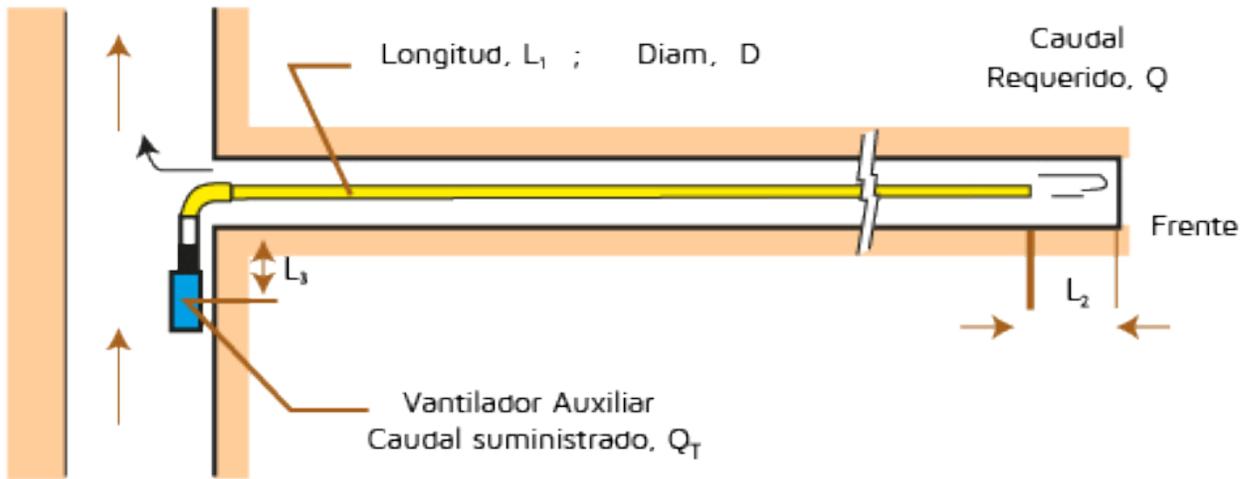
### VENTILACIÓN AUXILIAR

Es la ventilación secundaria o auxiliar que se utiliza dentro de un sistema de ventilación principal con el fin de llevar aire fresco a los frentes ciegos de avance de las labores mineras y consta de un ventilador, acoples y ductos o mangas de ventilación, Cumplir con la normatividad y certificación internacional para el uso en labores mineras subterráneas en atmosferas explosivas.

Los sistemas de ventilación auxiliar pueden instalarse de dos formas principalmente, una de inyección forzada en la cual el aire fluye desde el extremo del conducto, 5m atrás del frente de la excavación. La interpretación es que el final de conducto debe estar dentro de los primeros 5 m medidos desde el frente. Este flujo de aire recorre el frente y evita la formación de capas y acumulaciones de metano, de otra forma el sistema de ventilación auxiliar de extracción El movimiento del aire en el frente de avance es lento y, por lo tanto, puede haber problemas en el control del metano. El flujo de aire en el frente es hacia adelante y siempre que la velocidad de avance del flujo de aire sea por lo menos 0.5 m/s, la nube de polvo se mantendrá delante de los operarios.

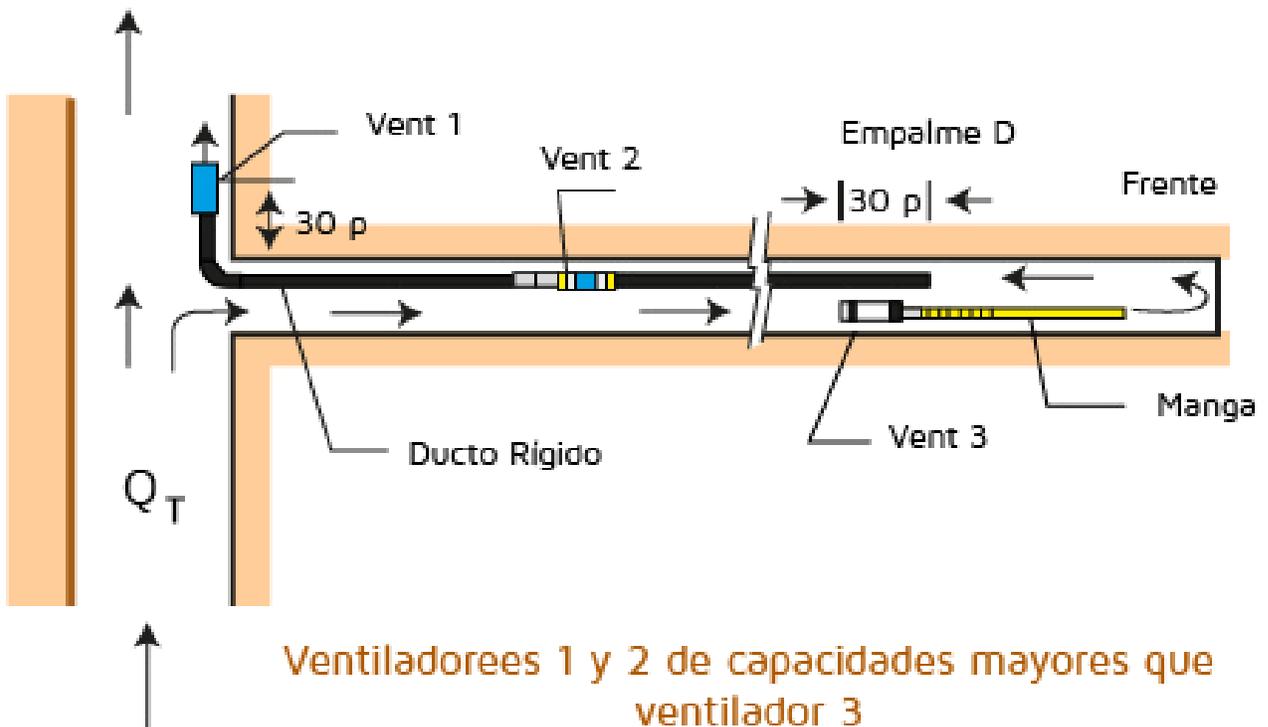
En estos sistemas los ventiladores se deben instalar cumpliendo unas premisas, con el fin de evitar que se coloque a recircular el aire contaminado como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 10.1. Ventilación auxiliar para longitudes moderadas de túneles



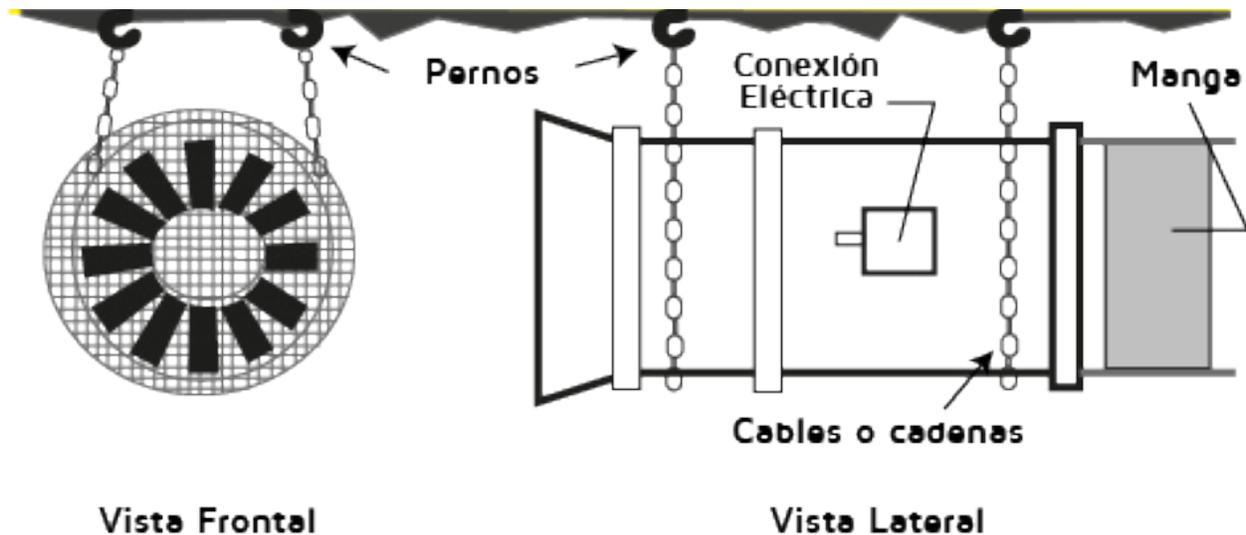
En la presente gráfica No. 10.1. se puede observar un ventilador con acople y ducto o manga para ventilar una vía de moderada longitud. De manera inyección forzada en la cual el aire fresco fluye por el ducto hasta el frente de avance. En donde  $L_3$  puede ser mayor de 10 metros.

Figura 10.2. Ventilación auxiliar para grandes longitudes de avance de los túneles.



En esta grafica No. 10.2 se muestra el sistema auxiliar de ventilación a modo extracción, utilizado para ventilar el avance de túneles largos, en la gráfica se puede ver que se instalan tres ventiladores dos a manera soplante y uno a manera aspirante, todos son ventiladores axiales. Además, estos sistemas requieren de la utilización de ventiladores secundarios y ductos rígidos.

Figura 10.3. Instalación del ventilador



El ventilador es generalmente suspendido por medio de cables metálicos de pernos anclados en el techo. (uno para cada extremo de la carcasa)

Para la instalación es necesario utilizar dos cables independientes de 1/4" de diámetro, como se puede ver en la presente figura No. 10.3.

Figura 10.4. Refugio minero.



El uso de un "refugio" subterráneo es particularmente relevante durante la acumulación de dióxido de carbono cuando las personas están respirando en un espacio confinado durante un período de tiempo. Como se puede ver en la fotografía del refugio minero en Segovia. La provisión de un suministro de aire comprimido u oxígeno por fuentes químicas o botella es considerada esencial para mantener el aire respirable en un refugio. Además, durante largos períodos de tiempo en un refugio donde las personas pueden tener que esperar rescate, será necesario vigilar de cerca los niveles de dióxido de carbono. El diseño de un refugio será necesario incluir para la eliminación de dióxido de carbono

con un “sistema de depurador” con el fin de prevenir la peligrosa acumulación de dióxido de carbono.

### 10.4.2. PLANEACIÓN DE LA VENTILACIÓN

#### Aislamiento de sectores y partes de la mina

El administrador de la mina seleccionará sitios para los tabiques de aislamiento en lugares estratégicos y determinará el grado o preparación de dichos sitios para aislar sectores o partes de la mina, tanto para operaciones normales como durante una emergencia. Entonces, él deberá asegurar que dichos sitios sean preparados y mantenidos con respecto a la normatividad vigente, según decreto 1886 de septiembre de 2015 TITULO IX prevención y extinción de fuegos e incendios, tan pronto como sea posible. Los sitios seleccionados para los tabiques de aislamiento se deberán marcar en el Plan Contra Incendios y de Rescate, en el Plano de Distribución y en el Plan de Desarrollo de Ventilación de Operación. Los sitios de tabiques de aislamiento o sellamiento preparados deberán ser marcados en el Plan Contra Incendios y de Rescate y en el Plan de Desarrollo de Operación.

Actualización de planos en las minas. El plano contra incendios y de rescate también denominado plano de emergencias. El topógrafo de la mina garantizará que los cambios principales se registren en los planos de la mina dentro de las 24 horas siguientes de realizado el cambio. Se consideran cambios principales:

- Reversión de cualquier corriente de aire principal
- Terminación de alguna conexión nueva entre las vías, el circuito de ventilación o un frente
- Puesta en marcha o interrupción de algún cruce del circuito de ventilación

- Instalación o remoción de puertas, cortinas o reguladores de aire

- Instalación, alteración o remoción de cualquier sistema para ventilar las vías, cruzadas, túneles en roca o túneles de desarrollo

- Instalación, alteración o remoción de algún ventilador auxiliar

- Levantamiento de algún sello o tabique de aislamiento

- Instalación o remoción de estaciones de teléfono y ambulancias o cambios importantes en las instalaciones contra incendios.

239

Los ingenieros y funcionarios de seguridad de la mina, ingenieros y funcionarios de ventilación y demás funcionarios de la mina deberán ser instruidos de que entre sus deberes estará el de suministrar la información necesaria al topógrafo de la mina con respecto a cualquier cambio importante, según como se define en este párrafo, inmediatamente cuando ocurra con el fin de que sean registrados en los planos. En la figura 11.5 se muestra el plano de emergencias de la mina con las rutas de evacuación, los sellos existentes, las zonas abandonadas entre otras.

Planos de desarrollo proyectado de la ventilación. Con respecto a cada mina, se deberán mantener planos denominados Planos de Desarrollo Proyectado de la Ventilación que muestren el método proyectado de trabajo de cada capa y el método general de ventilar las explotaciones. Los Planos de Desarrollo Proyectado de la Ventilación deberán ser firmados por el administrador de la mina y cualquier otra persona nominada por el propietario para firmarlos.

## **10.5. ATENCIÓN DE UNA EMERGENCIA CAUSADA POR ATMÓSFERAS IRRESPIRABLES**

En las minas en donde es poco probable que se presente una atmosfera irrespirable ya sea por deficiencia de oxígeno o por presencia de gases contaminantes se puede presentar concentraciones de gases por:

- Presencia de gases que se contienen en los estratos y se liberan al realizar el avance de las labores mineras.
- Gases que se generan por máquinas de combustión interna.

Las anteriores son condiciones que si en la mina se realiza juiciosamente un seguimiento a las mediciones de ventilación como velocidad del aire, área, caudal, temperatura seca, temperatura húmeda, humedad relativa y medición de gases que se debe realizar a diario en las labores mineras será fáciles de identificar y pueda que no generen un incidente mayor. En la figura 11.5 se muestra el plano de riesgos de la mina con las rutas de evacuación, los sellos existentes, las zonas abandonadas, los riesgos existentes en la mina.

### **Acciones o métodos de salvamento para controlar el riesgo de deficiencia de oxígeno y acumulación de gases**

Quienes manejen una emergencia minera que involucre incendio o explosión, pueden anticipar una atmósfera deficiente de oxígeno y la presencia de diversos gases tóxicos e inflamables. Es imperativo que sean técnicamente competentes y expertos en el ambiente subterráneo y que tengan conocimiento de los problemas que enfrentarán las cuadrillas de salvamento con equipos de respiración. El Comandante de Incidente en una operación de salvamento minero deberá establecer las condiciones de la acción y determinar las limitaciones. Una vez se tome la decisión inicial de desplegar

cuadrillas de salvamento teniendo esa atmósfera, su conocimiento acerca de lo que podrían enfrentar y su entrenamiento y disciplina serán primordiales para garantizar su seguridad.

### **Bienestar de los miembros de la cuadrilla en su regreso a la base de aire fresco y a superficie.**

- A su regreso a la estación de aire fresco, garantizar que los miembros de la cuadrilla descansen (se sienten).
- Si están disponibles, debe brindarse ropa seca y cobijas y evitar que las personas se enfríen muy rápido.
- Deben proporcionarse bebidas, pero esperar 20 minutos antes de consumir bebidas calientes.
- Las mezclas de rehidratación preparadas (especialmente cuando contienen potasio, por ejemplo, jugos de tomate o de cítricos) pueden ayudar a sustituir el sudor u otros minerales del cuerpo.
- Descansar tanto como sea posible, no realizar trabajos pesados, o manejar un automóvil o una motocicleta en distancias largas.
- Excesos de alcohol causados hidratación. Si el trabajo en condiciones cálidas y húmedas es constante, debe evitarse completamente el consumo de alcohol.

Después de un período de descanso de 2 horas, un socorredor podrá prestar sus servicios en la operación para un segundo período. En tales circunstancias, pueden permanecer en el ambiente húmedo y cálido durante la mitad del período de tiempo permisible determinado para esa fase. Al finalizar este segundo período, el personal afectado debería descansar por un período de 24 horas.

## **SUPRESIÓN DE LOS RESULTADOS DE RIESGOS POR DEFICIENCIA DE OXÍGENO Y ACUMULACIÓN DE GASES**

La provisión de salvamento idónea y adecuada es una necesidad absoluta para las minas subterráneas. Sin importar el alcance o el número de medidas que el operador de una mina tenga preparadas para eliminar o mitigar el riesgo que surja de las amenazas mineras, siempre habrá un grado de riesgo residual de que las personas queden atrapadas bajo tierra.

El operador de la mina deberá por lo tanto tener preparado un plan apropiado para rescatar a las personas de la mina. En las minas en las que es probable que haya una atmósfera irrespirable, los planes deberán incluir el acceso de suficientes personas competentes para llevar a cabo las operaciones de salvamento utilizando un equipo de respiración autónoma de circuito cerrado. Estos pueden ser necesarios en operaciones posteriores a:

- Una explosión de grisú (metano) y/o polvo de carbón
- Un incendio subterráneo
- Personas afrontando acumulaciones de grisú o gases tóxicos
- Una explosión de gas, probablemente grisú o dióxido de carbono
- Personas que se vean enfrentadas a grisú o una deficiencia de oxígeno en una antigua explotación.

También se podrá requerir personal de salvamento con equipos de respiración autónoma de circuito cerrado, para la reapertura de una mina o parte de una mina, cuando se haya presentado una atmósfera irrespirable debido a cualquiera de los motivos expuestos anteriormente, debido a que son circunstancias en las que se generan grandes concentraciones de gases contaminantes que sobrepasan los límites permisibles y en concentraciones que son peligrosas para la vida humana, casi sin dar

el tiempo suficiente para utilizar los equipos Autorrescatadores.

En caso que cualquiera de las minas inicie su Plan de prevención y preparación ante emergencias y solicite que acudan personas de salvamento minero a la mina tan pronto como sea posible en respuesta a un incidente comunicado desde el interior, es fundamental que la cuadrilla de inspección de la mina se organice para recolectar información. El Plan designará a la persona(s) autorizada(s) para iniciar la solicitud de asistencia por parte de socorredores entrenados del Sistema Colombiano de Salvamento Minero. Al mismo tiempo, las demás personas en la mina deberán iniciar sus roles designados en el Plan de prevención y preparación ante Emergencia.



### **Acciones de la mina**

La mina debe llevar y mantener registros muy exactos sobre quién se encuentra en la mina y la naturaleza del trabajo que está llevando a cabo. Esto le permitirá a la cuadrilla de salvamento minero planificar el lugar donde se debe enfocar cualquier intento de rescate.

(Mayor número de mineros en la posición segura más probable).

### **Tratamiento por envenenamiento por gas**

El soporte de vida después de un incidente de emergencia subterránea tiene un enfoque algo diferente a los que ocurren en la superficie. En muchos casos, el retiro de una persona herida a un lugar relativamente seguro o el acceso a atención médica especializada es la prioridad.

---

242

---

La localización y estabilización de la(s) persona(s) herida(s) mientras las circunstancias lo permitan y luego salir de lo que es un entorno potencialmente peligroso para todos, debe ser la estrategia aceptable para todas las cuadrillas de salvamento. Las cuadrillas de rescate pueden verse algo limitadas con respecto a la cantidad y el peso de los equipos que llevan, incluyendo su propio sistema de soporte de vida representado por sus equipos de respiración. El equipo principal para el tratamiento de personas que se retiran de una atmósfera irrespirable debe incluir el necesario para:

- Reanimación para la administración de oxígeno
- Alivio de dolor
- Trauma
- Primeros auxilios

### **Despliegue de las cuadrillas de Salvamento Minero bajo tierra**

La disponibilidad de planos de las explotaciones será invaluable; además de estar elaborados de acuerdo con las especificaciones de la Resolución 40600 del 27 de mayo de 2015. El Comandante de Incidente habrá decidido el sitio para establecer una base de aire fresco. Esta puede estar en la superficie para una mina pequeña, pero debería estar lo más cerca posible al área donde se realizará la

búsqueda y en el ingreso de aire fresco antes de la zona del incidente. También necesita tener un medio de comunicación hacia la superficie.

El Comandante de Incidente también decidirá sobre la tarea particular para la primera cuadrilla, pero su primer papel es asegurar que la base de aire fresco escogida sea segura y apropiada. La base de aire fresco debería estar ubicada razonablemente cerca al área irrespirable, pero no tan cerca para que haya posibilidad de ser afectada por un segundo incidente, como una explosión, si esta ocurriese. Si se considera que esto pudiera ocurrir, se debe intentar disminuir el nivel del riesgo por los mecanismos disponibles, entre ellos esparcir grandes cantidades de polvo de piedra en los alrededores. Mientras que los miembros de las cuadrillas de salvamento minero, particularmente el jefe de la cuadrilla, son muy conscientes de la naturaleza de su papel, es muy importante que ellos reciban instrucciones específicas y un plan, incluso en el establecimiento de la base de aire fresco. Esto podría incluir sencillamente garantizar que la ventilación sea adecuada y que la base de aire fresco no esté contaminada.

Por otra parte, se deben establecer tiempos periódicos para que ellos hagan reportes al Comandante de Incidente. Si no hay ningún sistema de comunicaciones disponible en el escenario de la mina pequeña, entonces se deberían utilizar los “mensajeros” suministrados por la mina. También puede ser apropiado utilizar un segundo set de comunicación de salvamento minero en dicha situación. Sin embargo, es imperativo que las cuadrillas de salvamento minero desplegadas en una atmósfera irrespirable, lleven su propio equipo de comunicación para enviar información a la base de aire fresco de forma regular. Antes de los despliegues en la base de aire fresco, la cuadrilla de salvamento minero verificará una vez más su Equipo de Respiración autónoma de circuito cerrado bajo la supervisión del jefe de cuadrilla. Él registrará las presiones de oxígeno para cada uno en la

base de aire fresco y las monitoreará continuamente a medida que la cuadrilla progrese en su inspección.

Estos datos son la base del informe de la atención de la emergencia, además de las tarjetas de registro que se deben llevar por el cuadrillero o jefe de cuadrilla.

## **TEST DE RETROALIMENTACIÓN**

1. ¿Cuál es el origen y características de una atmósfera irrespirable, en minas subterráneas?
2. ¿Qué es una sustancia peligrosa?
3. ¿Cómo puede afectar el cuerpo la inhalación de monóxido de carbono CO, bióxido de carbono CO<sub>2</sub>, sulfuro de hidrógeno H<sub>2</sub>S , dióxido de azufre SO<sub>2</sub> y óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub>?
4. ¿Cómo se previene la presencia de atmosferas peligrosas?
5. Describa, las consideraciones necesarias, para controlar el riesgo por la presencia de atmosferas peligrosas, en una acción de Salvamento Minero .

CAPÍTULO

11

DERRUMBES

## 11.1. DEFINICIÓN

### DERRUMBE

Colapso del techo o laterales de una vía o hundimiento de labores mineras un frente de explotación, una cámara, un tajo o un corte.

### CAPIZ O BARRA

Pieza de madera o metal para soporte de techo que se coloca horizontalmente entre dos palancas

### FRENTE DE CARBÓN

Un frente, túnel, entrada o cruzada principalmente en carbón

### ÁREA DE PELIGRO

Cualquier parte de la mina bajo tierra que en el momento no es segura para trabajar o pasar

### GALERÍAS

Túnel en construcción

### TÚNEL DE ACCESO

La vía de entrada de un frente de producción

### MEDIDA DE SOSTENIMIENTO

Acción, actividad o trabajo diseñados para controlar el movimiento de los respaldos o estratos adyacentes al manto, incluyendo la disposición e instalación de materiales de soporte.

### TAJO LARGO

Extracción progresiva de un panel de carbón. El frente de trabajo está compuesto por un corte largo y angosto que contiene una rozadora o transportador blindado a todo lo largo; el frente avanza por corte de la cara de producción y avanza siguiendo el rumbo del manto en buzamiento aparente o en plano. El techo está soportado por varias filas de barras horizontales sobre palancas o soportes hidráulicos. La excavación, detrás de la línea de corte, normalmente está “derrumbada” (se le permite colapsar). El frente está provisto de dos o más galerías, una en cada extremo.

### OPERADOR DE LA MINA

Persona en control de la operación de la mina.

### MINERO CONTINUÓ

Máquina que corta y carga carbón de manera simultánea

**ADEMES** o soportes autopropulsados Soporte llevado y puesto en el sitio por medio de energía mecánica

### TÚNELES

Galería formada para abrir áreas de la mina, la mayoría de las cuales se mantienen para albergar la maquinaria de la infraestructura principal de la mina – bandas transportadoras, sistemas de transporte, rutas de escape.

## **ESTALLIDO DE ROCAS**

Fallo repentino y violento de las cámaras, pilares, paredes u otros contrafuertes de roca adyacentes o en los trabajos en la mina.

## **TRABAJO DE CÁMARAS Y PILARES**

Sistema de minería en el que los túneles se desarrollan siguiendo el mineral, dejando pilares entre ellos para ayudar a dar soporte al techo general del área de extracción. Los pilares se pueden extraer posteriormente en “parte” o “completos” con un segundo trabajo (minería secundaria).

**CONCRETO LANZADO**, Material de concreto que se lanza sobre las paredes o hastiales del túnel o galería, donde forma un revestimiento para prevenir la erosión de rocas débiles o fracturadas.

## **MATERIAL DE SOPORTE**

Incluye una palanca, capíz, arco de viga, soporte hidráulico, perno de roca, perno de techo, perno de cable, revestimientos, cápsula, bolsa inflable y cualquier otro material o equipo diseñado con el fin de controlar el movimiento del macizo rocoso.

## **11.2. ORIGEN**

En minería subterránea el derrumbe también se puede definir como la caída repentina y brusca desde el techo o las paredes de cantidades considerables de rocas que pueden llenar total o parcialmente las rocas, tumbar el sostenimiento dañar equipos y causar directamente lesiones al personal o dejarlo aislado, y tiene su origen por diferentes causas dentro de las principales están:

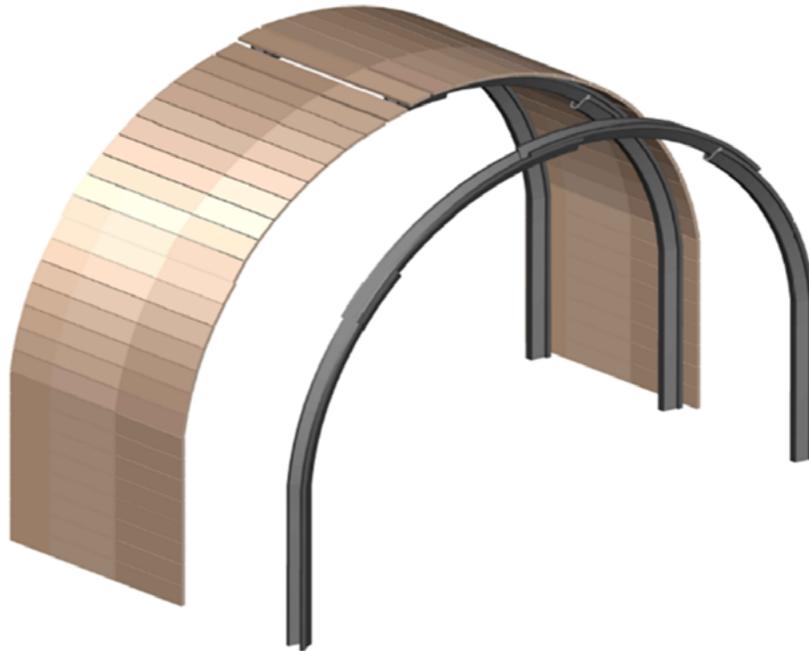
- Aplicación de un sostenimiento inadecuado en relación con la presión estática de la zona de derrumbe. A mayor debilidad de las rocas, mayor área de la zona de derrumbe.
- Vacíos sobre el sostenimiento. Permiten

la caída de rocas que pueden dañar el sostenimiento, que se amplíe la zona de derrumbe o el almacenamiento del metano, que al explotar afloja grandes masas mineral ocasionando el derrumbe.

- Apoyo defectuoso del sostenimiento, produciendo descomposición excesiva de la bóveda de presiones, causando sobrecargas en el sostenimiento.
- Elección inadecuada del sostenimiento en relación con las presiones reinantes en las vías.
- Falta de integración de los componentes del sostenimiento, como palancas flojas, falta de tiples, coses poco profundas, falta de cuñas, forros, etc.
- Irregularidades en las uniones de los elementos del sostenimiento, tales como: Arcos perfil TH o LP, lo que puede afectar sectores vecinos por grandes distancias. Falta de refuerzos adicionales en lugares donde aparecen mayores presiones.
- Falta de renovación del sostenimiento.
- Falta del sostenimiento provisional.
- Falta del control de las aguas subterráneas voladuras mal realizadas o mal calculadas. Iniciar vías en labores antiguas o derrumbes.
- Filtraciones de aguas en terrenos permeables que ocasionan acumulación de peso en zonas mal entibadas.
- Aparición de presiones adicionales por trabajos ya existentes por encima o debajo de una vía nueva.
- Los efectos estáticos o dinámicos de los reventones (o golpes de terreno).
- Destrucción del sostenimiento por incendios, explosiones de gas o polvo de
- Carbón y expulsión de gases o rocas.

- Para Colombia la situación es grave, ya que en la mayoría de las zonas mineras se encuentra que allí convergen varias de esas causas.

**Figura 11.1. Sostenimiento con acero**



- La mejor manera de atacar esa situación es haciendo inspecciones de seguridad mina por mina, elaborar un listado de prioridades y en ese mismo orden comenzar por eliminar la causa de derrumbe, con la certeza de que paralelamente se puede mejorar otros aspectos de la seguridad.

Tomando como ejemplo es caso del tajo largo por derrumbe dirigido podríamos decir que los derrumbes son producidos por aumentos de las presiones en zonas aledañas (adelante del tajo), causadas por varias razones, algunas de las cuales pueden ser:

- Suspensión del proceso normal del arranque por determinadas razones.
- Aparición de zonas resquebrajadas por explotaciones antiguas de mantos paralelos voladuras mal calculadas razones geológicas.
- Acumulación de presiones encima del tajo, porque no se está produciendo la caída normal del techo. En la figura 11.2. se muestra la distribución línea de distribución de las presiones en el frente de avance de un tajo de explotación, diferenciándose la Zona no influenciada, Zona de derrumbe, Zona de presión
- La falta de desgasificación por delante del frontón, en carbones altamente grisutuosas.

En el país los derrumbes grandes por reventón son remotos debido a la baja escala de producción de las minas, al tamaño de las mismas y a los sistemas de preparación, arranque y explotación.

Aunque los derrumbes no se propagan como una explosión incendio o inundación en algunos casos pueden presentar condiciones de riesgos similares.

figura 11.2. línea de distribución presiones

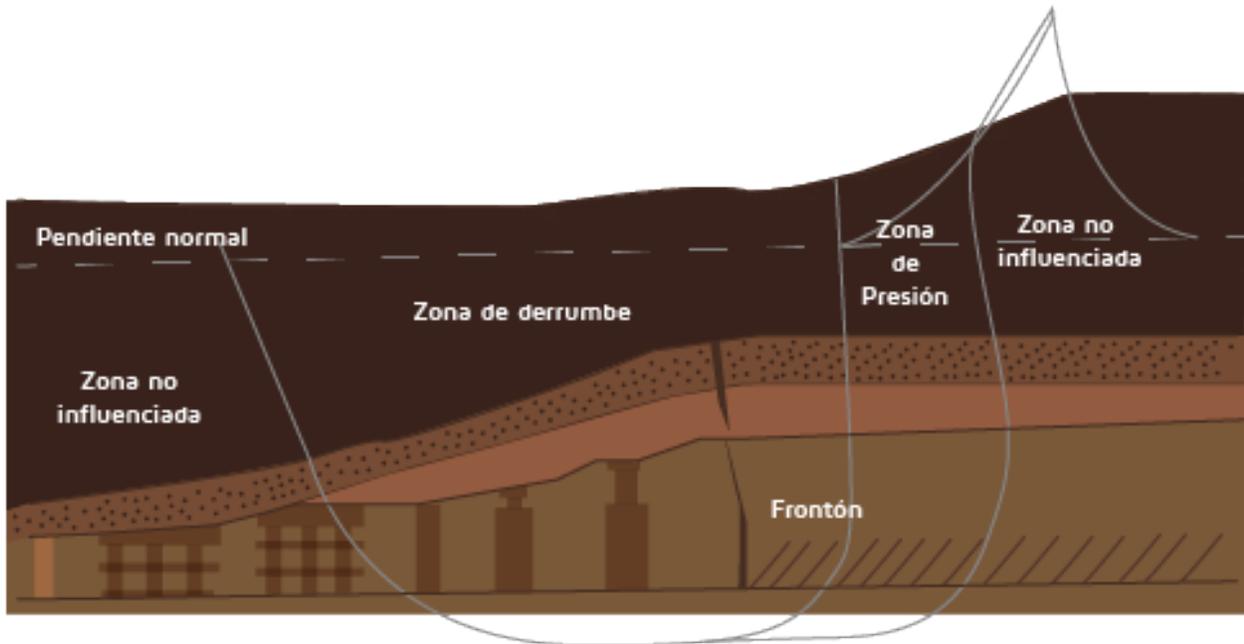
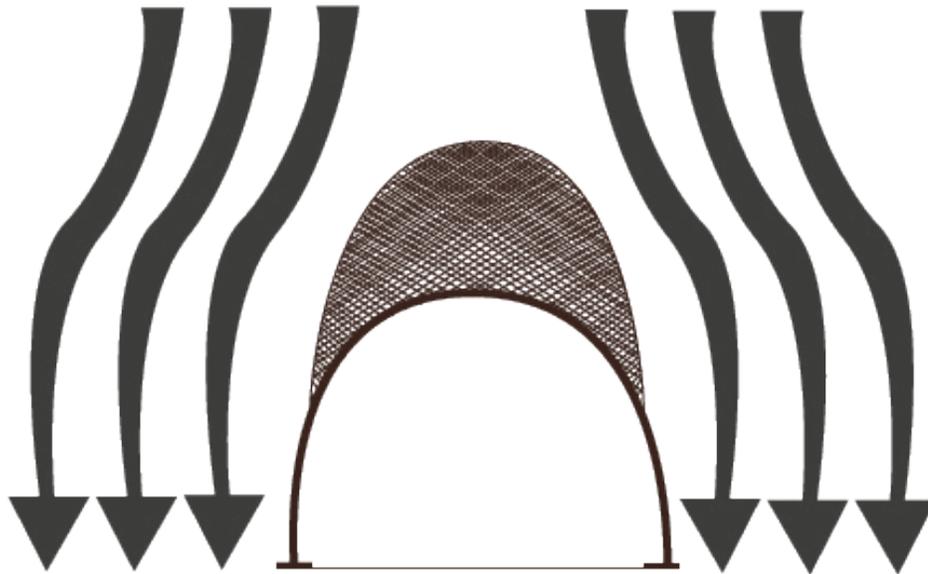


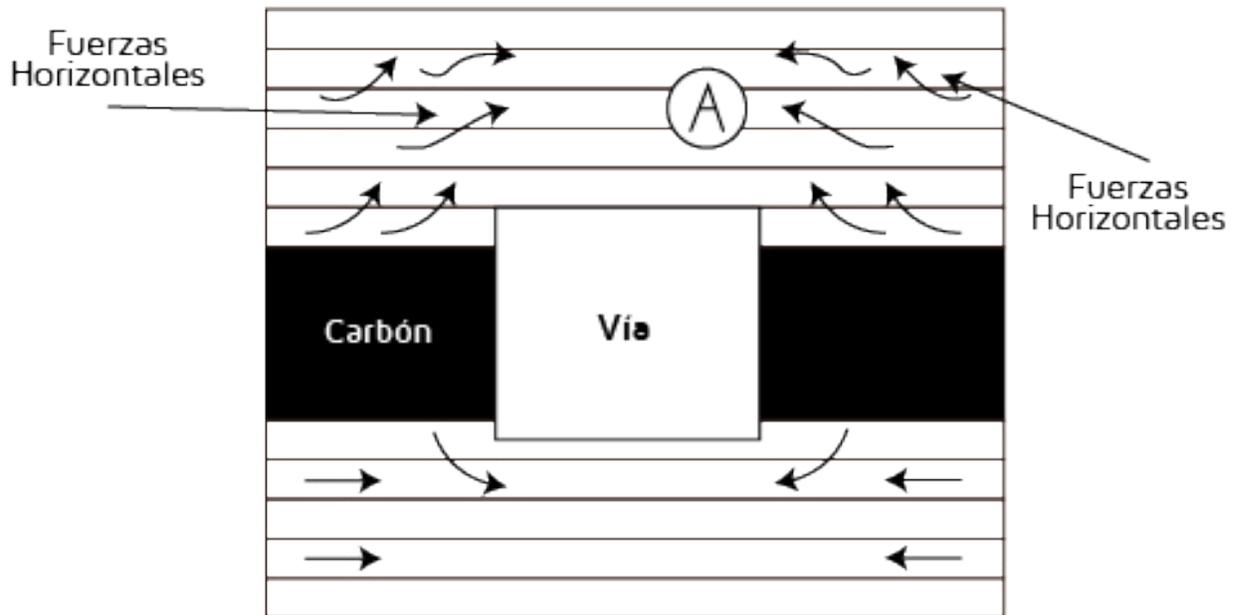
Figura 11.3. Tensiones verticales en arcos de acero.



Antes de que se realice cualquier operación minera, todos los estratos están sujetos a una fuerza de compresión vertical debido al peso de las capas superiores. Adicionalmente, la roca está sujeta a una fuerza lateral (horizontal o transversal) debido al hecho que están confinadas dentro de los materiales circundantes y por lo tanto no pueden expandirse transversal u horizontalmente; también puede haber una tensión horizontal remanente de los cambios ocurridos durante la formación de las montañas por el desplazamiento de la placa continental o vulcanismo. Estas fuerzas verticales y laterales parecen estar en equilibrio (se equilibran la una a la otra) y los estratos se mantienen en reposo en su posición natural. Con base en este entendimiento, los principios básicos para el control de los estratos aceptados por muchos años, se referían a que un bloque de carbón “en el

sitio” tendría fuerzas que actuarían sobre él en todas las direcciones y que había un balance entre las fuerzas opuestas. Cualquier trabajo en la capa de carbón crea un vacío que altera el equilibrio y las fuerzas verticales y horizontales se redistribuyen formando zonas de “alta” y “baja” presión. Se asumía que el comportamiento de la tensión sobre una vía en arco estaba distribuido como se indica en la figura 11.3. muestra Tensiones verticales sobre vías.

**Figura 11.4. Tensiones horizontales**



### En arco

Este comportamiento se asumía para cualquier tamaño de excavación. La perturbación de los estratos de carbón, por lo tanto, causará movimiento y acumulará tensiones en el macizo rocoso que constituyen las fuerzas destructivas que causan los derrumbes del techo, levantamientos del suelo y el “apretamiento general” de los socavones excavados bajo tierra. La resistencia a la compresión que presentan los diferentes mantos de carbón son variables y ello afecta seriamente las medidas de sostenimiento utilizadas en la minería. Los mantos “más fuertes” pueden ayudar a controlar los estratos en ciertas condiciones, pero las tensiones asumidas en dichos estratos a menudo fallan de repente y causan el movimiento considerable afectando un área grande. En el peor de los casos, puede crear la Figura 11.4. se muestran las Tensiones Horizontales. liberación de la energía del tipo “estallido de roca” que puede ser tanto destructiva como peligrosa en su peor forma. Esta liberación de energía puede resultar en un movimiento muy rápido de los estratos superiores hacia abajo. El piso y los lados de los pilares de carbón por lo general no son lo suficientemente fuertes para resistir.

Siempre es necesario garantizar que el techo y los lados de todas las excavaciones sean seguros y no sean propensos a colapsar. Después de haber diseñado un sistema adecuado de soporte para controlar los estratos que rodean todas las excavaciones subterráneas, el operador de la mina debe haberse asegurado de que el riesgo de un derrumbe se haya reducido

de forma considerable. Lamentablemente, estos sistemas de soporte todavía pueden presentar fallas debido a diversas razones. Estas razones, que se convierten en causas de derrumbes podrían servir de base para establecer alguna clasificación de este fenómeno y separarlos entre aquellos causados por:

- Cambios geológicos imprevistos o anomalías; por ejemplo, la presencia de fallas, espejos de fallas, separaciones en los estratos del techo
- Cambios en las condiciones mineras; por ejemplo, ingreso de agua desde el techo
- Errores en las medidas existentes de sostenimiento; por ejemplo, densidad inadecuada de soportes
- Un error del sistema de sostenimiento causado por baja calidad del trabajo de instalación; por ejemplo, ubicación del soporte en una base suave o sin un buen ajuste al estrato; baja calidad relacionada con el posicionamiento de pernos de anclaje
- No considerar trabajos en varios estratos durante el diseño del plan de soporte. Dichos fallos tienden a ser más comunes en las minas subterráneas de carbón. Por cada derrumbe de techo que ocurre, normalmente se hacen intentos para determinar la razón del derrumbe, con el fin de impedir que vuelvan a producirse en el resto de la mina.

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacionales de los Estados Unidos publicó en 2010 un estudio realizado por G Molina MS y Chris Mark PhD sobre las causas y condiciones que conducen a la ocurrencia de derrumbes en minas subterráneas, en el que se resaltan los siguientes aspectos:

- El reconocimiento de los mecanismos de fallas es importante para el diseño de la secuencia de explotación minera y el sistema de sostenimiento

- El reconocimiento de las estructuras geológicas y su comportamiento bajo condiciones de tensión es un primer paso importante para el sostenimiento seguro del techo

- La transición de condiciones “normales” del techo a condiciones “anormales” o “adversas” es sutil

- En condiciones de rocas muy débiles, la mayor parte del tiempo se está más cerca de una condición “adversa” y se deberá considerar un soporte secundario regular y sistemático en las galerías importantes (de desplazamiento, bandas transportadoras y rutas de escape).

### 11.3. CLASES DE DERRUMBES

En términos generales se pueden clasificar en dos clases:

- a. Derrumbes por reventón o explosión
- b. Derrumbes locales o desprendimientos

#### **Derrumbes por reventón o explosión**

La causa básica es la susceptibilidad del carbón al reventón, es decir, a la liberación brusca de energía elástica almacenada, lo que puede producir efectos dinámicos en distancias relativamente considerables.

Este tipo de derrumbes se presenta en casos de explotación de grandes tajos largos por derrumbe dirigido, paneles de explotación o cámara y pilares, los cuales tienen grades volúmenes de producción por turno.

#### **Derrumbes locales o desprendimientos**

Consisten en el desprendimiento local de rocas desde las paredes o el techo de las vías subterráneas, debido al aumento de las presiones, lo que origina desequilibrio o inestabilidad de los sistemas de

sostenimiento, en menos espacio que por reventón y sin acompañamiento de fuerzas dinámicas.

En términos generales podemos hacer referencia a las tres zonas que se forman alrededor de una vía y que son:

- Zona de influencia
- Zona de presión
- Zona de derrumbe

**Figura 11.5. Zonas alrededor de una vía**



El concepto de derrumbe en ocasiones se usa para definir la caída de materiales que está localizado en la “zona de derrumbe”, y que puede tener como consecuencias el sellamiento parcial o total de una vía, casi siempre en distancias cortas.

#### 11.4. PELIGROS Y RIESGOS

El peligro de un derrumbe en minería bajo tierra está latente por lo que se debe realizar el estudio en el plan de sostenimiento con mucha responsabilidad, para que el sostenimiento instalado sea el suficiente para vencer las presiones que como vimos en la segunda sección en las gráficas 11.2. y

11.3. se distribuyen sobre y alrededor de las vías bajo tierra.

En el tipo de derrumbes de menor tamaño (llamados clásicos), son frecuentes en la pequeña y mediana minería y esporádicos en gran minería. Son también unas de las primeras causas de accidentes fatales en Colombia y presentan generalmente unas características como:

- Alcanzan diferentes alturas en el techo, dependiendo de las clases de rocas de los respaldos superiores y el área de las vías.
- Las rocas que caen son las que constituyen la zona de derrumbe o descompresión, la cual se forma alrededor de la vía después de romper el estado de equilibrio del terreno, y que toma la forma de bóveda elíptica.
- Las rocas por encima de la zona de presión no sufren descompresión y mantienen su estado de equilibrio. De esta forma, cuando se diseña el sostenimiento, se debe tener en cuenta la presión de las rocas que se encuentran en descompresión en la bóveda de presiones.

Es decir que el sostenimiento debe ser de características tales que eviten el ensanchamiento de la zona de derrumbe

Un derrumbe de cierta magnitud además del peligro que representa para el personal que se encuentra cerca, puede influir sobre otras zonas de la mina.

Algunos riesgos pueden ser:

- Interrupción parcial o total de vía ventilación con riesgo de irrupción de gases.
- Irrupción en las vías de grandes cantidades de metano del carbón Virgen.
- En zonas incendiadas bajo control, se rompe la hermeticidad den áreas selladas,

y se requieren trabajos adicionales.

- Resquebrajamiento de zonas de depósitos de agua con posibilidad de inundaciones, avalanchas o explosiones.
- Destrucción de aparatos de medición y control.
- Producción de incendios por cables destruidos.
- Además, se involucra el riesgo no solo para el personal que ha quedado atrapado detrás de derrumbe, sino para los socorredores que tendrán que trabajar directamente sobre el mismo.

Por otra parte, Los riesgos de un derrumbe por reventón que puede resultar más catastrófico por el área de influencia resulta mayor y pueden ser:

- El lanzamiento de grandes cantidades de roca a distancias relativamente considerables obstruyendo total o parcialmente las vías.
- Aplastamientos y destrucción de la entibación
  - Destrucción y / o daños a equipos y materiales
  - Producción de grandes cantidades de polvo de carbón
  - Desprendimiento de grandes volúmenes de gases tales como  $HH_4$ ,  $CH_2$  y otros.
  - Interrupción de circuitos de ventilación y acumulación de gases
  - Represamiento de agua
  - Posibles cualquiera de los efectos anteriores.
  - Otras

### 11.5. MEDIDAS DE PREVENCIÓN CONTRA DERRUMBES

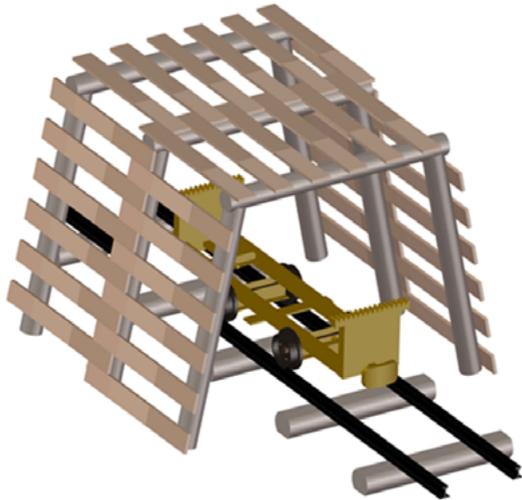
El titular del derecho minero, el explotador minero y el empleador minero, deben adoptar las medidas que sean necesarias para asegurar que las labores mineras subterráneas no presenten derrumbes ni desprendimientos de rocas que pongan en peligro la vida e integridad de las personas.

Definición, implementación e inspección del plan de sostenimiento, el titular del derecho minero, el explotador minero y el empleador minero debe definir e implementar un plan de sostenimiento para la explotación de acuerdo con el estudio geomecánico del área y de acuerdo con lo aprobado en el programa de trabajo y Obras (P.T.O.) del proyecto cuando se trate de labores mineras.

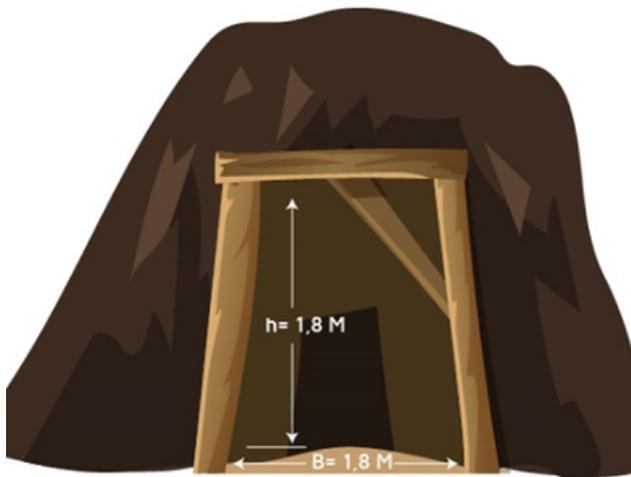
El plan de sostenimiento debe cumplir como mínimo con los parámetros establecidos en el Reglamento de seguridad en labores mineras subterráneas, Decreto 1886 de 2015 como:

1. El nombre, ubicación, el número de identificación de la mina y la localización de las diferentes entradas o bocaminas, esta última en caso de actividad minera;
2. El nombre y el título del profesional responsable del plan de sostenimiento;
3. Estudios geológicos y geomecánicos del suelo o los demás estudios sean necesarios donde se realicen labores subterráneas;
4. Una lista de todos los materiales de soporte requeridos para ser utilizados en el sistema de control de sostenimiento, desde superficie, así como las labores de desarrollo, preparación y explotación, en caso de fortificación una descripción de las características de estos materiales; y,

## 5. Registro de las capacitaciones al personal minero en temas relacionados con sostenimiento de labores mineras subterráneas.



Es un sostenimiento que se utiliza en las vías a nivel generalmente, en madera rolliza y está compuesto por el capíz (parte superior) y las dos palancas (a los lados) que están unidas por una pequeña muesca o diente que se realiza en la unión del capíz con las palancas.



El sostenimiento en las explotaciones mineras subterráneas es fundamental y esencial para tener operaciones mineras seguras. Del mismo modo es, por necesidad, un tema complejo ya que debe considerar las condiciones ampliamente variables de los estratos que se pueden encontrar en diferentes áreas de la mina, desde los puntos de acceso a la mina, a lo largo de los túneles, hasta en áreas de producción. El tipo de sostenimiento más conocido y técnicamente aprobado es la puerta alemana como sostenimiento en madera y por otra parte los arcos de acero que para el caso de la minería en Colombia un alto porcentaje lo están utilizando.

253

Otro tipo de sostenimiento muy utilizado en vías inclinadas como diagonales, tambores e inclinados de transporte, entre otros es el cuadro con corte en boca de pescado, estas vías se caracterizan por que son de área más reducida por que se avanzan en el espesor del manto de carbón y de menor tiempo de durabilidad. En la figura 11.7. se muestra un ejemplo de un cuadro que consta de las dos palancas laterales y el capíz en la parte superior, en todo su alrededor tiene madera de forro que generalmente es tablas de 2 a 4 centímetros de espesor

Los materiales de soporte adicionales pueden ir desde la instalación de canastas o cuñas, soportes de acero o de madera, soportes hidráulicos o incluso una remodelación total de un tramo del túnel. El uso de anclajes de cable tensado completamente inyectados elaborados en cable se ha convertido en algo mucho más generalizado. Estos anclajes se conocen como “pernos de cable”. Estos pernos de cable se pueden usar: (a) como soporte adicional cuando se detecta o se anticipa un movimiento excesivo del estrato en los túneles, (b) como parte de un sistema de soporte principal junto con pernos de anclaje o con soportes de vigas de acero.

## **11.6. ATENCIÓN DE UNA EMERGENCIA POR DERRUMBE**

### **11.6.1. PRINCIPIOS DE ORGANIZACIÓN DE SALVAMENTO EN CASO DE DERRUMBE**

La acción de rescate del personal atrapado directamente por el derrumbe o que ha quedado aislado sin que exista ninguna otra vía de acceso, debe organizarse según cada caso en particular, luego de haber analizado muy bien el plano de la mina:

Después de realizar el reconocimiento de la zona de derrumbe y verificar que como consecuencia del mismo no se generarán atmosferas irrespirables, las cuadrillas de socorredores podrán trabajar sin el equipo de circuito cerrado, también podrán colaborar mineros experimentados que no son socorredores; esto será posible si se tiene el visto bueno del jefe de la acción. Además, deben tenerse en cuenta los principios apropiados para este tipo de riesgo, como son:

- Los socorredores que van a participar en la acción deben llevar todos los equipos, materiales, y herramientas adecuados para realizar los trabajos en derrumbes.

*figura 11.8. cuadrilla en actividad de organización*



- La función básica del jefe de la acción será analizar y determinar la magnitud del derrumbe y número de personas que fueron atrapadas, junto con su localización en el miento del derrumbe.
- Antes de comenzar la acción de salvamento se deben determinar los límites del derrumbe y los efectos posibles de este, con el objeto de tomar las medidas necesarias para impedir la propagación del peligro y elaborar el plan de acción.
- Si la cantidad de aire es poca en la zona de derrumbe, donde ha quedado el personal, se debe procurar mejorarla mediante tabiques, ventiladores auxiliares o forzando aire comprimido a través del derrumbe con sondas especiales para salvamento.

- Si se confirma que detrás del derrumbe se encuentra el personal, se debe analizar la mejor manera de ayudarles que podría ser:
  - Abriendo acceso directamente a través del mismo derrumbe lo cual es más efectivo.
  - Construyendo galerías especiales de salvamento.
  - Perforando pozos de contacto o comunicación.
  - Suministrando el aire suficiente, empleando los métodos más rápidos posibles.
  - En el momento de rescate del personal atrapado, debe estar presente el servicio médico especializado, Para prestar los primeros auxilios en la Base de Aire fresco. (BAF)
  - En la base de aire fresco se debe tener suficiente cantidad de cobijas, camillas y otros materiales que puedan ser útiles para los primeros auxilios al personal afectado.
  - En superficie se debe disponer o adecuar un cuarto como enfermería y dotarlo de todo lo que sea necesario para socorrer al personal rescatado de la mina; además debe haber servicio apropiado de ambulancias, médicos, enfermeras y establecer contacto con los hospitales más cercanos para coordinar la atención medica profesional.
  - Las actividades que realizaran los socorredores, una vez que han terminado de rescatar el personal afectado las define el jefe de la acción, estas labores corresponden a reestablecer la ventilación y suprimir el riesgo del derrumbe en atmosferas contaminadas.

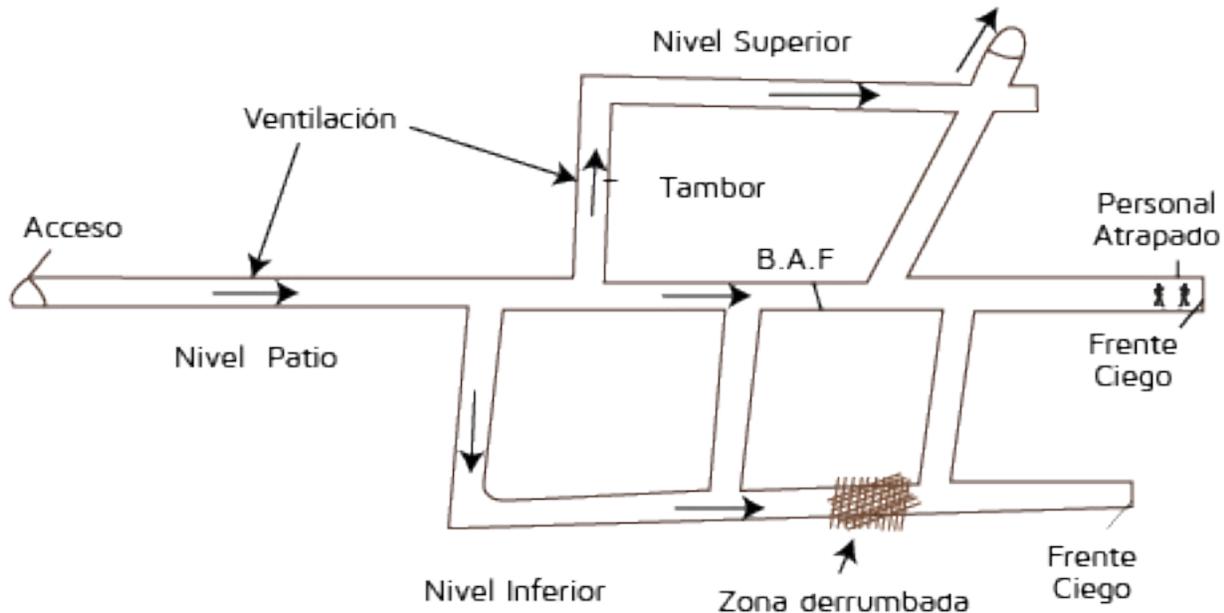
### 11.6.2. MÉTODOS DE RESCATE DEL PERSONAL ATRAPADO

Si al producirse el derrumbe de una vía a quedado personal atrapado detrás de éste, los primeros esfuerzos deben dirigirse a lograr lo más rápido posible su ubicación y rescate.

#### 1. Localización:

Para localizar el lugar donde se encuentra el personal atrapado se debe aprovechar:

- Comunicación telefónica si los teléfonos no fueron destruidos o cortados por el derrumbe. Si se logra en este momento es de mucha ayuda para la realización de la emergencia la entrevista con el supervisor y compañeros de trabajo que se salvaron y pueden dar información sobre los trabajadores aislados.
- Señales acústicas, previamente establecidas, a través de tuberías de aire o de agua, en la carrilera o en el macizo donde se cree que pueda estar el personal atrapado.
- Cuando se presentan derrumbes en las minas hay que protegerlas contra posibles ampliaciones de estos y no arriesgar en forma innecesaria a los socorredores por lo que la acción de rescate debe llevarse a cabo en forma simultánea desde todas las direcciones posibles, procurando siempre la seguridad de los socorredores.

**Figura 11.9. Sitio de derrumbe**

- Cuando se presentan derrumbes en las minas hay que protegerlas contra posibles ampliaciones de estos y no arriesgar en forma innecesaria a los socorredores por lo que la acción de rescate debe llevarse a cabo en forma simultánea desde todas las direcciones posibles, procurando siempre la seguridad de los socorredores.

## 2. Métodos Básicos de rescate

- Aprovechar los espacios que quedan sobre el material derrumbado los cuales se forman en muchos casos en la bóveda del derrumbe, para su utilización basta con ensancharlo un poco en la parte superior del material derrumbado y si las condiciones del techo lo exigen, debe colocarse un sostenimiento rápido y adecuado mientras se hace la evacuación del personal.

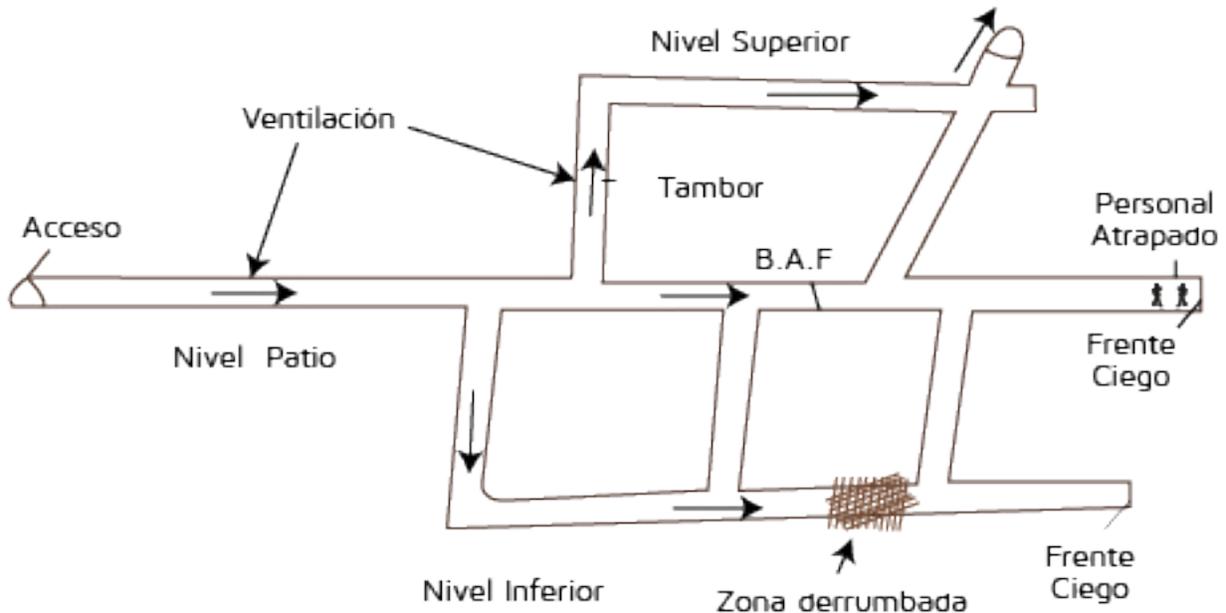
Esta es la primera posibilidad que debe contemplarse.

- Los espacios o vacíos entre los materiales del derrumbe pueden quedar a lo largo de cintas transportadoras, tuberías, carrileras, trenes o como resultado de una destrucción parcial del sostenimiento, especialmente de acero.

- Finalmente cuando todos los elementos existentes están entrelazados en la vía y permiten pasar a través de ella en forma cuidadosa.

- La falta de vacíos o espacios en el derrumbe o en su bóveda, obliga a los socorredores a construir una galería de evacuación en roca virgen, haciendo el trayecto lo más corto posible para establecer contacto con el personal atrapado. Como se muestra en la figura 11.10. Para ganar tiempo y tener mayores posibilidades de éxito se debe contar con los planos de la mina actualizados.

Figura 11.10. Esquema zona derrumbada



- Se deben analizar las condiciones geológicas para determinar en forma aproximada la altura de la bóveda y por consiguiente, si es mejor o no construir una galería a lo largo del derrumbe.

- Si el piso de la vía es blando y se tenía una carrilera instalada, puede construirse más fácilmente una galería de rescate bajo el derrumbe, usando los rieles y polines como elementos de sostenimiento del techo.

- Si se decide construir una galería de rescate deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Una sección pequeña para garantizar su rápido avance.
- Disponer de planos para su orientación.
- No usar explosivos cerca de su finalización ya que esto puede producir aumento del derrumbe, gases venenosos y roca de la voladura, lo cual pone en peligro la vida del personal.

### 3. Perforación de barrenos

Además de la construcción de galerías de rescate, el éxito de una acción puede aumentar con la realización de barrenos, que serían de dos clases:

- De contacto y comunicación
- De evacuación

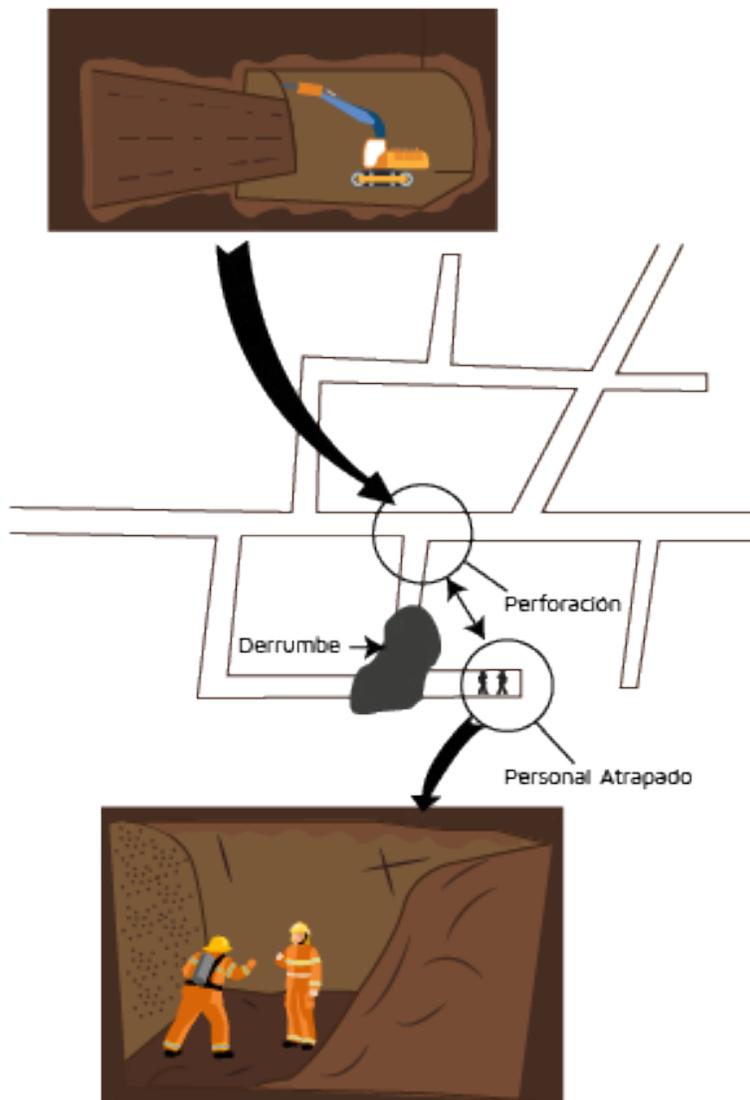
**De contacto y comunicación**

Se perforan con diámetros mayores de 80 a 120 mm., en longitudes que van hasta 150 m. dependiendo de otras posibles actividades para agilizar el rescate. Para su ejecución se utilizan perforadores desde superficie, o de un tipo especial en el interior de las minas.

Funciones que cumplen:

- Obtener información sobre el número, estado y riesgos inmediatos que amenazan al personal atrapado.
- Intercambio de información para facilitar y acelerar la acción del rescate.
- Envío de posibles medicamentos para primeros auxilios.
- Suministro de agua, alimentos y aire fresco para preservar la vida del personal atrapado.

*Figura 11.11. Barrenos por perforar*



## De evacuación

Se pueden perforar desde superficie o en el interior de las minas, en su ejecución es posible utilizar los barrenos de contacto; tiene diámetros que van desde 55 a 80 centímetros

Si las condiciones en cada acción lo permiten se evacua directamente el personal o se usan cabinas o dispositivos especiales halados con cables o manila.

En caso de derrumbes durante las labores de rescate, se debe tratar de pasar uno o varios tubos de diferentes diámetros a través del material derrumbado para inyectar aire, establecer comunicación y preservar la vida del personal afectado, como se muestra en la figura 11.11

En la mayoría de casos, esto es posible hacerlo recién se ha producido del derrumbe antes de que se amplíe la bóveda y que el material se haya compactado.

Si se presenta acumulación de agua junto al derrumbe, debe procurarse un adecuado y permanente bombeo para evitar otros daños y la demora en el rescate.

259

## 11. Métodos de salvamento de personas en caso de derrumbes

Las posibilidades de rescatar con vida al personal que se encuentra debajo de un derrumbe parecen siempre muy limitadas, aunque solamente después de varias horas, analizando el proceso de las labores, se puede determinar esa posibilidad, como también el retiro del material derrumbado.

Se debe tener en cuenta que un derrumbe tiene características completamente diferentes en cada mina y de esto depende las decisiones que van a tomar.

### 11.6.3. UBICACIÓN DE LAS PERSONAS AFECTADAS

La localización de las víctimas se puede hacer:

- Oralmente, sobre todo con los menos afectados los cuales se encuentran detrás del derrumbe, pero están conscientes.
- Información de los trabajadores que escaparon o ya fueron rescatados.
- Información suministrada por el dueño, administrados o jefe inmediato del personal que está atrapado.
- Mediante el uso de aparatos especiales.

### 11.6.4. NORMAS Y PROCEDIMIENTOS A TENER EN CUENTA EN CASO DE DERRUMBE

Hasta que un médico no confirme la muerte de una persona víctima de un derrumbe, los socorredores deben cumplir todas las actividades con el máximo esfuerzo y rapidez

posibles, hasta el momento de sacarlo a superficie.

La activación de salvamento y evacuación debe hacerse evitando herir a los afectados,

El orden de las actividades del rescate lo define el jefe de la acción en superficie o en la base de Aire fresco. Buscando siempre la mayor seguridad para los socorredores, En el lugar de la acción, es el jefe de cuadrilla o cuadrillero quien tiene la autoridad para tomar las últimas decisiones, y es al mismo tiempo por la seguridad de toda la cuadrilla.

260

Se debe rescatar primero al personal que esté más cerca de la orilla del derrumbe, para no herirlos intentando rescatar a los que están más lejos.

Si el derrumbe es extenso y existe la posibilidad de trabajar en diferentes direcciones, hay que tener mucho cuidado para no arriesgar la vida de los socorredores,

La búsqueda debe dirigirse a la zona donde se encuentren las víctimas, para disminuir al máximo el tiempo de la acción. De esta manera se aumentan las posibilidades de rescate.

*Figura 11.12. Cuadrilla de salvamento en la recuperación de una persona*



### 11.6.5. PRINCIPALES ACCIONES EN EMERGENCIAS POR DERRUMBE

- Alistar equipos y aparatos.
- Recibir instrucciones.

- Ingresar a la mina
- Ubicar el sitio del derrumbe en la mina
- Ejecutar acción planeada
- Elaborar informe.

### 11.6.6. DECÁLOGO PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR CAUSAS GEOMECÁNICAS EN EXCAVACIONES MINERAS

#### 1. Conozca su macizo rocoso, mapee y defina sus dominios geomecánicos

La caracterización geomecánica hace parte fundamental del Plan de Trabajos y Obras (PTO) y el Plan de Sostenimiento. Verifique que las condiciones observadas durante el avance en vías de desarrollo, preparación y explotación tengan relación con los estudios geomecánicos. Identifique los mecanismos de falla que generan inestabilidad en su macizo rocoso. Mapee y caracterice de acuerdo a los estándares definidos por su plan de sostenimiento los nuevos avances. La información obtenida debe utilizarse para actualizar su plan de sostenimiento y clasificación del macizo en dominios geomecánicos.

#### 2. Defina el tipo de soporte basado en el conocimiento de su macizo rocoso

Con base en la clasificación de sus dominios geomecánicos y sus respectivos mecanismos de falla, debe seleccionar y diseñar el mecanismo de soporte adecuado. Asegúrese que los métodos para el diseño de su sistema de soporte apliquen para su mina. Sea consciente de las asunciones y limitaciones de sus métodos de diseño. En lo posible, estos diseños deben ser verificados y validados a través de metodologías numéricas

utilizando parámetros geomecánicos característicos de cada dominio obtenidos a partir de ensayos de laboratorio. Finalmente, verifique que el desempeño de sus elementos de soporte está dentro de los rangos esperados después de la instalación.

### **3. Establezca un plan de inspección e instrumentación del macizo rocoso y elementos de soporte**

Observar el comportamiento del macizo rocoso es vital a la hora de validar el desempeño de los diseños de las excavaciones y garantizar la seguridad de la operación.

Por lo tanto, se debe establecer un plan de inspección del macizo rocoso y los elementos de soporte.

Este documento debe definir y describir los posibles mecanismos de falla que su macizo puede presentar. Se debe incluir tanto los procedimientos para inspeccionar el comportamiento del macizo rocoso en paredes, techo y piso, como el desempeño de los elementos de soporte.

Debe detallar las medidas de instrumentación geomecánica requerida para el seguimiento y control de las excavaciones y los umbrales que permitan generar niveles de alarma adecuados. Adicionalmente, debe definir los roles y responsabilidades de los responsables

de estas inspecciones, la frecuencia y el alcance de las mismas.

### **4. Evite el ingreso a labores abandonadas, con problemas de inestabilidad identificados o en las cuales se haya hecho voladuras sin antes realizar el respectivo desabombe.**

El relajamiento de los esfuerzos en el macizo rocoso y las vibraciones inducidas por la voladura, pueden afectar la resistencia de las discontinuidades en el macizo rocoso, afectando la estabilidad de bloques de roca. Por lo tanto, asegúrese de desabombar labores abandonadas o en las cuales se haya hecho voladura, antes de ingresar a estas. Garantice que cuenta con las herramientas necesarias para realizar esta labor y que está siguiendo los protocolos definidos para esta actividad.

### **5. Defina procedimientos claros para la inspección del macizo, desabombe e instalación de mecanismos de soporte.**

Los encargados de la operación deben definir con ayuda y participación de los operarios los estándares y procedimientos para la inspección del macizo rocoso, el desabombe y la instalación de los mecanismos de soporte. Estos procedimientos deben ser claros y sencillos. Se debe garantizar el adecuado entrenamiento de estos procedimientos a través de un programa formal de capacitación. Estos procedimientos se deben revisar de manera periódica o en el caso que ocurra un accidente/incidente para evaluar el desempeño y la pertinencia de los mismos.

### **6. Asegure la debida disponibilidad de elementos de soporte con la calidad requerida**

Garantice la disponibilidad y la calidad de los mecanismos de soporte definidos para sus excavaciones. No realice ningún avance en una zona para la cual no cuente con los insumos necesarios para realizar el soporte del terreno con base en lo definido en el Plan

de Sostenimiento. Verifique que la calidad de los elementos de soporte sea la indicada por el proveedor. Si es posible, haga ensayos mecánicos de los diferentes tipos de soporte para garantizar la calidad de estos elementos y disminuir el riesgo de un posible colapso de la excavación.

### **7. Capacite y entrene a su personal en la identificación de peligros geomecánicos, desabombe, instalación de soporte y respuesta a emergencias por causas geomecánicas**

La capacitación y el entrenamiento son factores fundamentales a la hora de garantizar operaciones mineras seguras. Todo el personal debe ser continuamente capacitado en la identificación de peligros geomecánicos. Estas capacitaciones deben brindar herramientas al personal que les permita identificar los diferentes tipos de roca y dominios geomecánicos a lo largo de la operación, además de los posibles mecanismos de falla y peligros asociados a cada sector y tipo de excavación. De igual forma, los operarios deben ser entrenados en los procedimientos operativos relacionados con la instalación de los mecanismos de soporte y el desabombe de las labores. Estas capacitaciones deben ser acordes con el estado del arte y las buenas prácticas; debe ser una labor permanente dentro la operación minera, debidamente estructurada y registrada para poder ser objeto de auditorías técnicas especializadas. Adicionalmente, los trabajadores mineros deben estar capacitados en el plan de emergencias y en protocolos de atención prehospitalaria, conforme la brigada de emergencia de su empresa, entre los brigadistas debe haber personas certificadas como socorredores mineros. Realice simulacros periódicos. De aviso a salvamento minero y otras autoridades competentes en caso de presentarse un accidente en su mina.

### **8. Instruya y motive al personal en el reporte de condiciones anómalas en temas de sostenimiento y del macizo rocoso y defina un plan de acción de respuesta a emergencias en el caso que un riesgo se materialice**

No solamente se debe entrenar al personal en la identificación de condiciones adversas en el macizo rocoso, sino que también se debe motivar y brindarles las herramientas para que reporten todas estas condiciones que puedan generar posibles accidentes por caída de rocas o inestabilidad en el macizo rocoso. El reporte de condiciones como caída de bloques de roca en vías, estallido de roca, deformaciones excesivas del techo, las paredes, el piso o los elementos de soporte, se debe hacer de forma que esta información permita zonificar las excavaciones de acuerdo al nivel de peligro. Estos reportes deben ser lo suficientemente comprensivos para que cualquier persona en la operación pueda reportar estos sucesos, y contener suficiente información que permita al encargado procesar estos reportes y tomar decisiones para mitigar riesgos de carácter geomecánico.

En caso de que se materialice un colapso o caída de rocas con consecuencias negativas, el operador minero debe contar con un plan de acción de respuesta a emergencias acorde a los posibles riesgos que se puedan materializar. Este plan debe asignar responsabilidades y garantizar los recursos mínimos como botiquines, camillas, inmovilizadores, auto-rescatadores, en cantidad suficiente para el tamaño de la mina; medios de comunicación y otros equipos para el control de la emergencia por causas geomecánicas. Adicionalmente, las vías de evacuación deben estar claramente definidas y marcadas en este plan, considerando mantenimiento periódico a -estas vías para garantizar el escape de

los mineros ante una emergencia. No se debe olvidar el

inmediato reporte a la Estación de Seguridad y Salvamento Minero de la ANM – ESSM.

### **9. Asigne responsabilidades claras en temas de control de techos**

Todas las personas que desarrollen trabajo en la operación subterránea en todos los niveles jerárquicos y operativos (Operario, supervisor, jefe de turno, jefe de mina, gerente de la operación, etc.), deben velar por garantizar la estabilidad de las excavaciones subterráneas. Dependiendo del nivel de responsabilidad de cada persona se deben definir claramente los roles y responsabilidades que cada uno tendrá para garantizar la estabilidad de las excavaciones y la seguridad de la operación. Su desempeño debe ser objeto de evaluación teniendo en cuenta en los procesos de promoción de cargos técnicos y administrativos.

### **10. Periódicamente realice auditorías externas por parte de expertos a sus instalaciones en materia de control geomecánico de sus excavaciones**

Se debe contar con un auditor externo que evalúe de manera periódica las condiciones de la operación y el cumplimiento de lo establecido en PTO y Planes de Sostenimiento. Esta persona debe estar familiarizada con el tipo de operación, método de explotación, características del macizo rocoso y mecanismos de soporte utilizados, para garantizar una evaluación objetiva de estos procesos. Su labor debe ser mínimo de carácter anual y convocada de manera extraordinaria en casos de accidentes con lesiones incapacitantes graves y/o pérdida de vidas o en caso de incidentes con alto potencial de pérdidas.

## **TEST DE RETROALIMENTACION**

1. Explique el origen de los derrumbes en minas subterráneas
2. Describa las clases de derrumbes
3. ¿Qué peligros y riesgos pueden presentarse junto con los derrumbes?
4. ¿Cómo se puede prevenir la creación de un derrumbe?
5. Describa las consideraciones a tener en cuenta durante una acción de salvamento por derrumbes.

CAPÍTULO

12

**EXPLOSIONES DE  
GASES Y POLVO  
DE CARBÓN**

## EXPLOSIONES DE GASES Y POLVO DE CARBÓN

Una explosión es una liberación y expansión rápida y violenta de energía calórica, lumínica y sonora, seguida de una onda expansiva que actúa de forma destructiva. En minería pueden ocurrir con cierta frecuencia explosiones de origen natural ocasionadas por concentraciones de gases explosivos y/o polvo de carbón.

El efecto destructivo de una explosión es ocasionado por la potencia de la detonación que produce ondas de choque o diferencias de presión elevadas de duración muy corta, extremadamente violentas.

Las explosiones requieren la presencia al mismo tiempo y en las cantidades necesarias de tres elementos:

- Una sustancia explosiva
- Una fuente de calor o ignición
- Oxígeno

Para preventivamente impedir la posibilidad de una explosión, se deben minimizar o eliminar dos de ellos, el gas explosivo y la fuente de calor o ignición.

### 12.1. DEFINICIÓN

En las minas subterráneas con yacimientos de origen orgánico, pueden ocurrir explosiones de dos tipos; por gases (explosiones de metano) y por polvo de carbón. Una explosión de metano si encuentra las condiciones, puede iniciar una explosión de polvo de carbón.

A continuación, se dan algunas definiciones necesarias para el mejor entendimiento de las explosiones de gases y/o polvo de carbón:

#### ACCIDENTE MINERO POR EXPLOSIÓN:

Evento o suceso repentino que ocurre por el uso de explosivos, polvo de carbón y/o por la concentración de gases explosivos.

#### EXPLOSIÓN POR POLVO DE CARBÓN:

Fenómeno que ocurre cuando se presentan las siguientes condiciones de manera simultánea: (1) polvo de carbón, (2) un tamaño de partículas que permita la propagación de la llama ( $< 0,5$  mm), (3) una atmósfera con oxígeno suficiente para mantener la combustión, (4) una nube de polvo con una concentración dentro

del rango de explosividad, (5) una fuente con energía suficiente para la ignición, generalmente explosión de grisú. A partículas más finas corresponde mayor área superficial y mayor explosividad. El límite inferior de explosividad (LEL) es la concentración mínima de polvo para que se produzca una explosión y sus valores varían de 10 a 500 g/m<sup>3</sup> y se refiere a la concentración de polvo de carbón en el ambiente que puede incendiarse o producir una explosión si se expone a una fuente de ignición.

**ONDA EXPLOSIVA:**

Fuerte golpe de viento, con paso extremadamente rápido de la mezcla explosiva (por ejemplo: mezcla explosiva de grisú: metano + aire. Mezcla explosiva de polvo de carbón: polvo finísimo de carbón + aire, entre otros), de un estado a otro, acompañado por la formación de una cantidad considerable de gases tóxicos y asfixiantes, con desprendimiento de energía y calor que se convierte en trabajo mecánico destrozante.

**ONDA DE DETONACIÓN O DE CHOQUE:**

Es un pulso de presión transitoria que se propaga a una velocidad supersónica.

**POLVO INERTE:**

Polvo no combustible - por lo general de piedra caliza, pero puede ser de mármol, arcilla, etc.

**GAS:**

Término usado por los mineros para referirse a un aire impuro, especialmente con combinaciones explosivas. Pueden estar presentes en las labores mineras subterráneas o también pueden ser producto de una voladura. Según la composición química de los elementos gaseosos y sus proporciones los gases pueden ser explosivos, tóxicos o asfixiantes. Para prevenir esos riesgos se han establecido unos topes para cada gas, los VLP (valores límites permisibles) que al momento de superarlos

pueden causar situación de peligro. 2. Gases combustibles (metano), mezcla de aire y gases combustibles (grisú), u otras mezclas de gases explosivos que se encuentran en las labores mineras subterráneas.

**GASES EXPLOSIVOS:**

Gases que se han mezclado en proporciones con el oxígeno, de tal manera que pueden causar una explosión, si logran la temperatura de ignición.

**GRISÚ:**

Mezcla de metano con aire en proporciones variables, cuyas características son gas incoloro, insípido, asfixiante, altamente combustible y explosivo, con un peso específico menor que el aire, lo cual hace que se acumule en las partes superiores de las labores mineras subterráneas; debido a esto, es necesario medirlo con el metanómetro o multidetector de gases en las partes más altas de las labores mineras subterráneas.

**LABOR MINERA PULVERULENTE:**

Labor subterránea en minería de carbón, en la que se produce y acumula polvo de carbón finamente dividido en partículas, como consecuencia del arranque, manejo o transporte de dicho mineral.

**BARRERA DE POLVO O AGUA:**

Depósito de polvo inerte o agua, que se ubica en forma inestable en el techo, o en la parte lateral de una vía subterránea en sitios estratégicos. Tiene como objeto formar una nube incombustible en el momento de ser alcanzado por un golpe producido por la onda durante la explosión de grisú o polvo de carbón contribuyendo a frenar la propagación de ésta.

**BARRERAS DE POLVO INERTE:**

Barreras o zonas de polvo no combustible diseñadas para dispersarse por impacto por una onda de presión de explosión.

**POLVO DE CARBÓN.** El polvo de carbón es el material particulado fino generado como producto de la explotación del carbón.

## 12.2. ORIGEN

### 12.2.1. EXPLOSIONES OCASIONADAS POR GASES

Se le da el nombre de grisú a la mezcla de aire y metano. El Metano ( $\text{CH}_4$ ) es un compuesto de carbono e hidrogeno que se genera durante la formación de los mantos de origen orgánico, que, por condiciones naturales, no pudo salir a la atmósfera y quedó atrapado en bolsas en el yacimiento. Las características del Metano se relacionan en la tabla siguiente:

267

*Tabla 12.1. Características del metano*

NOMBRE	FÓRMULA QUÍMICA	PESO ESPECÍFICO	PROPIEDADES FÍSICAS	EFFECTOS NOCIVOS	FUENTE Y ORIGEN EN LOS TRABAJOS MINEROS
<b>METANO LLAMADO GRISÚ EN MEZCLA CON EL AIRE.</b>	$\text{CH}_4$	0,5545	Incoloro Inodoro Insaboro	Deflagrante ( $> 0 < 5\%$ ) Explosivo ( $\geq 5\% \leq 15\%$ ) Asfixiante ( $> 15\%$ )	Estratos de origen orgánico, Mantos de Carbón, Putrefacción de sustancias orgánicas, Voladuras, Máquinas de Combustión Interna



**Tabla 12.2. Características del metano**

APARATOS PARA DETECCIÓN	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (VLP)				OBSERVACIONES GENERALES
	Sitio Mina	%	PPM	% LEL	
<b>METANÓMETRO MONITOR MULTIGAS</b>	En labores o frentes de explotación o avance	1,0	10.000	20	Por ser más liviano que el aire se le encuentra en las partes altas de las vías bajo tierra. Es un gas de tipo Natural
	Retornos principales de aire	1,0	10.000	20	
	En el retorno de aire de los Tajos	1,5	15.000	30	
	En el retorno de aire de los frentes de Desarrollo y Preparación	1,5	15.000	30	

268

Las labores mineras subterráneas de carbón de acuerdo al contenido de metano, según lo establecido por el 1886 de 2015 se clasifican en tres (3) categorías:

**Tabla 12.3. Clasificación de labores mineras**

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
<b>I - Minas o frentes de trabajo no grisutuosos</b>	Son aquellas labores o excavaciones subterráneas para las cuales la concentración de metano en cualquier sitio de lámina no alcanza el cero por ciento (0%).
<b>II - Minas o frentes débilmente grisutuosos</b>	Son aquellas labores o excavaciones subterráneas para las cuales la concentración de metano en cualquier sitio de la mina sea igual o inferior a cero
<b>III - Minas o frentes fuertemente grisutuosos</b>	Son aquellas labores o excavaciones subterráneas para las cuales la concentración de metano en cualquier sitio de la mina sea superior a cero coma tres por ciento (0,3%).

La concentración de metano en la atmosfera bajo tierra de las minas clasificadas en las categorías I, II y III, debe medir según los siguientes parámetros:

CATEGORÍA	Control
<b>I - Minas o frentes de trabajo no grisutuosos</b>	Se debe controlar al iniciar cada turno y antes de iniciar cualquier voladura
<b>II - Minas o frentes débilmente grisutuosos</b>	Se debe controlar al iniciar cada turno, antes de efectuar cualquier voladura o por lo menos cada dos (2) horas durante la jornada de trabajo
<b>III - Minas o frentes fuertemente grisutuosos</b>	Se debe controlar antes de iniciar cada turno y en forma permanente y continua en: 1. Todos los frentes de trabajo bajo tierra; 2. Los sitios bajo tierra donde se ubican equipos como: cabezas matrices y tambores de retorno de bandas transportadoras, panzers, equipos para bombeo de aguas subterráneas, sistemas de comunicación con superficie y subestaciones eléctricas bajo tierra; 3. Vías principales de transporte; 4. Vías de transito de personal; 5. Comunicaciones con trabajos antiguos o abandonados; y, 6. En cercanía a tabiques que aislen zonas incendiadas.

Los resultados de estas mediciones deben ser registrados en tableros de control de gases ubicados dentro de la labor subterránea y en el libro de registro de control de gases de la mina.

**Para las labores clasificadas en la Categoría III, se debe proceder en la siguiente forma**

1) No se debe suspender la ventilación principal ni la auxiliar; si por cualquier causa:

a) Se suspende la ventilación principal en este tipo de explotaciones, se debe evacuar inmediatamente todo el personal de la mina o labor minera subterránea, incluyendo al personal encargado de labores de mantenimiento y bombeo de las aguas subterráneas, y comunicar la situación de manera inmediata a la autoridad de salvamento minero o quien haga sus veces;

b) Se hace necesario suspender la ventilación auxiliar, se debe evacuar inmediatamente el personal de los frentes de trabajo afectados, esta medida debe ir precedida de una orden escrita del responsable técnico de la labor minera subterránea.

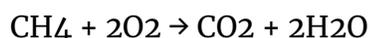
2) El explotador minero debe disponer de una planta auxiliar de energía en superficie, que asegure continuidad en la ventilación principal y auxiliar de la mina, cuya capacidad dependerá de los requerimientos de los sistemas de ventilación y bombeo;

3) Las corrientes de ventilación deben ser de forma horizontal o ascendente. Excepciones a esta disposición pueden ser autorizadas en cada caso por la autoridad minera, encargada de la administración de los recursos mineros; y,

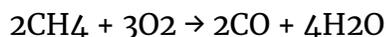
4. El suministro de aire respirable a frentes ciegos, horizontales o inclinados (tambores, bajadas, entre otros), debe hacerse con instalaciones de ventilación

auxiliar, para avances de carbón cuya longitud sea superior a diez metros (10 m).

**La ignición del metano** se presenta como la reacción entre el metano y el oxígeno con presencia de calor para formar dióxido de carbono y agua para su completa combustión:



Sin embargo, la combustión incompleta es más probable durante una explosión, la cual deja una mezcla de gases mucho más tóxica que contiene monóxido de carbono. En este caso, el metano y el oxígeno limitado reaccionan en presencia de calor para formar monóxido de carbono y agua:



Para el Metano la temperatura de inflamabilidad se presenta entre los 650 °C y 750 °C; tales temperaturas aparecen en la llama abierta, en chispas de corto-circuitos eléctricos, chispas generadas durante el arranque mecánico de rocas o carbón, golpe de dos trozos de metal, o bien del metal y la roca, entre otros.

La reacción de combustión instantánea con una concentración en el aire entre el 5% Y 15% de metano y oxígeno en el aire no menor al 12%, puede originar una explosión súbita. La explosión más violenta es la producida por la mezcla ideal, formada por 9.5% de Metano y 90.5% de aire.

La explosión de Metano produce una onda explosiva violenta, precedida por una llama de alta temperatura (entre 1.500 y 2650 °C), de acuerdo de la concentración Metano aire que se presente, además también acompañado de un aumento de la presión y un estrépito fuerte. También se generan

## EXPLOSIONES DE GASES Y POLVO DE CARBÓN

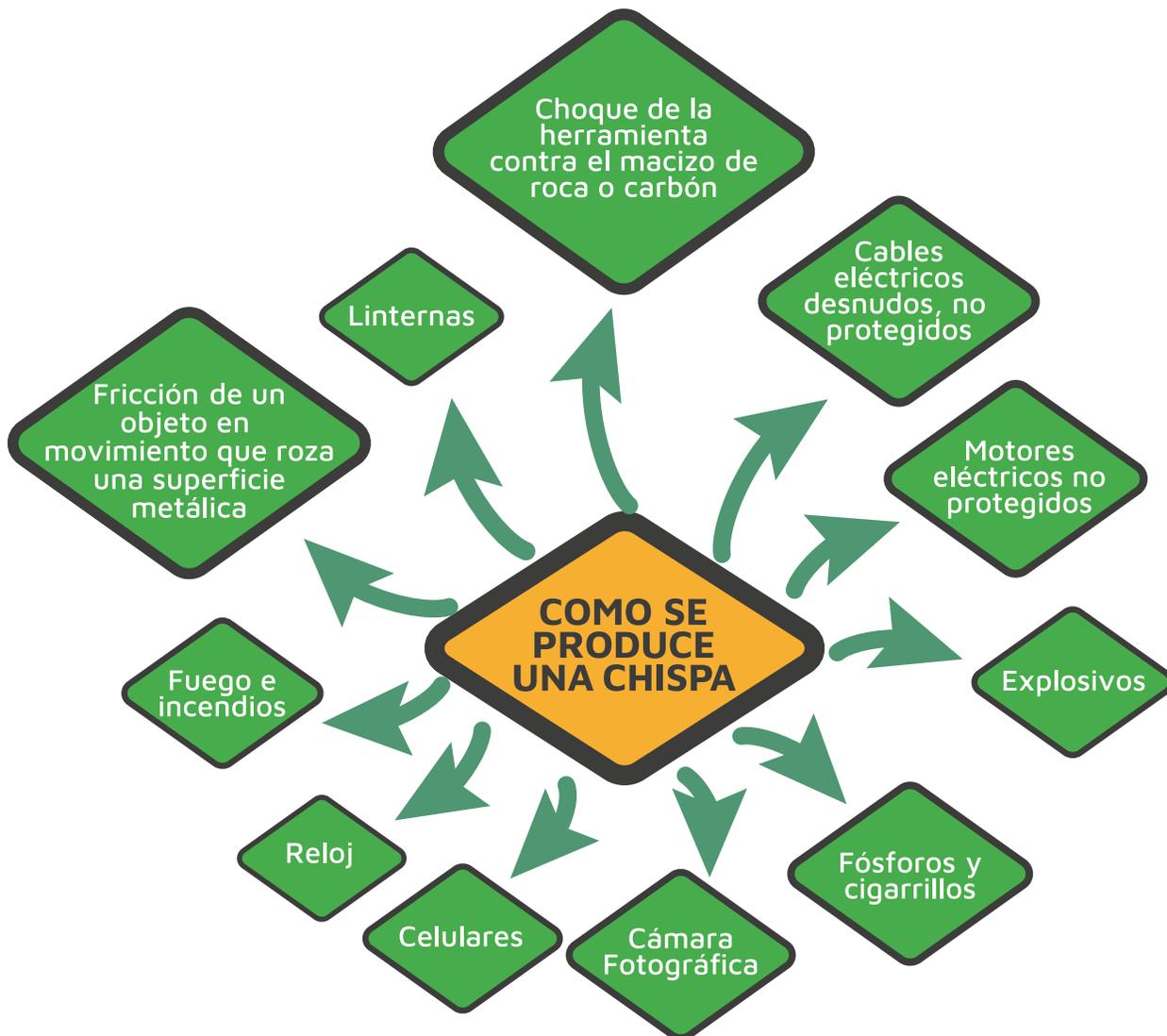
gases tóxicos y consumo de oxígeno.

Una explosión de metano se puede producir bajo las siguientes condiciones:



270

La chispa llama o calor para iniciar una explosión de Metano se puede producir por cualquiera de los siguientes medios:



Gases generados durante una explosión se caracterizan por humos y polvos espesos. La composición varía considerablemente si se trata de una explosión de metano o de polvo de carbón. La composición aproximada de la atmósfera después de una explosión de grisú y polvo de carbón puede ser la siguiente:

**Tabla 12.5. Composición aproximada de la atmósfera después de una explosión de de grisú y polvo de carbón.**

GAS	FORMULA	CONCENTRACIÓN APROXIMADA
NITRÓGENO	N <sub>2</sub>	80% a 85%
OXÍGENO	O <sub>2</sub>	12% a 17%
DIÓXIDO DE CARBONO	CO <sub>2</sub>	4% a 7%
MONÓXIDO DE CARBONO	CO	0.5% A 1.5%
VAPOR DE AGUA	H <sub>2</sub> O	Vapor

### 12.2.2. EXPLOSIÓN DE POLVO DE CARBÓN

El polvo de carbón hace referencia a los finos que se producen durante la explotación, transporte y demás actividades inherentes al trabajo y que pueden afectar la salud de los trabajadores y convertirse en una nube susceptible de presentar ignición y/o Explosión.

#### 1. El Polvo de carbón en la mina se puede generar por:

- Fraccionamiento del carbón durante el arranque y transporte.
- Por efecto de las presiones de la explotación, llenando grietas o cruceros aledaños a la misma zona.
- Por las características propias del carbón.
- Por levantamiento o arrastre en la corriente de ventilación, originándose el Polvo flotante.
- En los sitios de carga y transferencia con vagonetas, bandas transportadoras o tolvas internas.

## 2. Condiciones Para que se genere la nube de polvo explosivo de polvo de carbón.

Una nube de polvo explosivo de carbón se puede generar por:

- Explosión de los gases de incendio o metano que cause la aparición de una onda explosiva.
- Uso inadecuado del explosivo en la realización de trabajos de voladura.
- Flujo intenso de aire en una sección pequeña a través de una labor minera.
- Rodaje de una vagoneta sin control por un inclinado.
- Caída del carbón seco a gran altura (en tolva o pozo interno).

El polvo de carbón en suspensión en el aire, igual que el grisú, puede formar mezclas explosivas.

## 3. Condiciones para la explosión de polvo de carbón.

Las condiciones para que pueda producirse una explosión de polvo de carbón en una mina, son:

- a.** Que el polvo de carbón tenga la cantidad necesaria de volátiles; entre más volátiles más propenso a ser

explosivos. Los volátiles son gases que desprende el carbón al ser calentado hasta su temperatura de inflamabilidad. Los principales volátiles son gases combustibles como el hidrogeno, monóxido de carbono, metano, etano, gas carbónico y otros.

- b.** El polvo de carbón debe ser suficientemente fino. Entre más fino sea, mayor será la posibilidad de la explosión. Los polvos cuyo diámetro sea menor a 1 mm son ya explosivos.

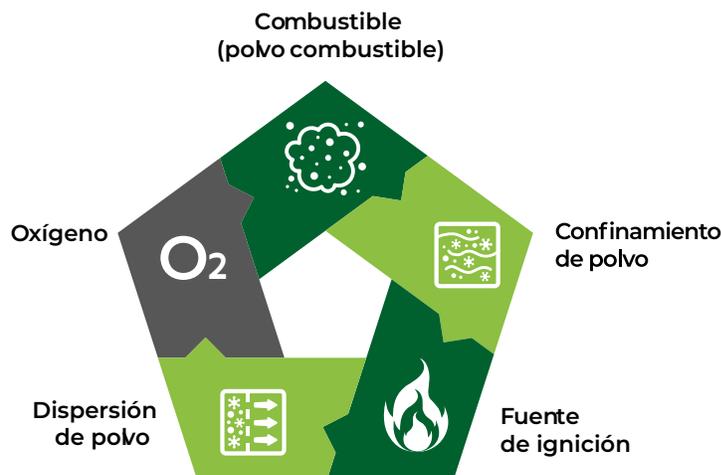
- c.** Debe encontrarse la suficiente cantidad de polvo. El límite inferior de explosividad lo constituye el polvo difundido en una nube, en cantidad de 50 gr/m<sup>3</sup>, y el límite superior en 1.000 gr/m<sup>3</sup>. La explosión más fuerte se ocasiona con cantidades entre 300 y 500 gr/m<sup>3</sup>.

- d.** La densidad de la nube de polvo. El polvo debe formar una nube que permita el contacto de cada partícula del polvo con el oxígeno del aire.

- e.** El contenido de oxígeno en el aire, en el sitio donde se genera la nube de polvo, debe ser mínimo del 16%.

- f.** La presencia de una fuente calorífica para que estalle el polvo de carbón mezclado con el aire en forma de nube. Véase Figura 12.2.2.

Figura 12.1. Pentágono de explosividad

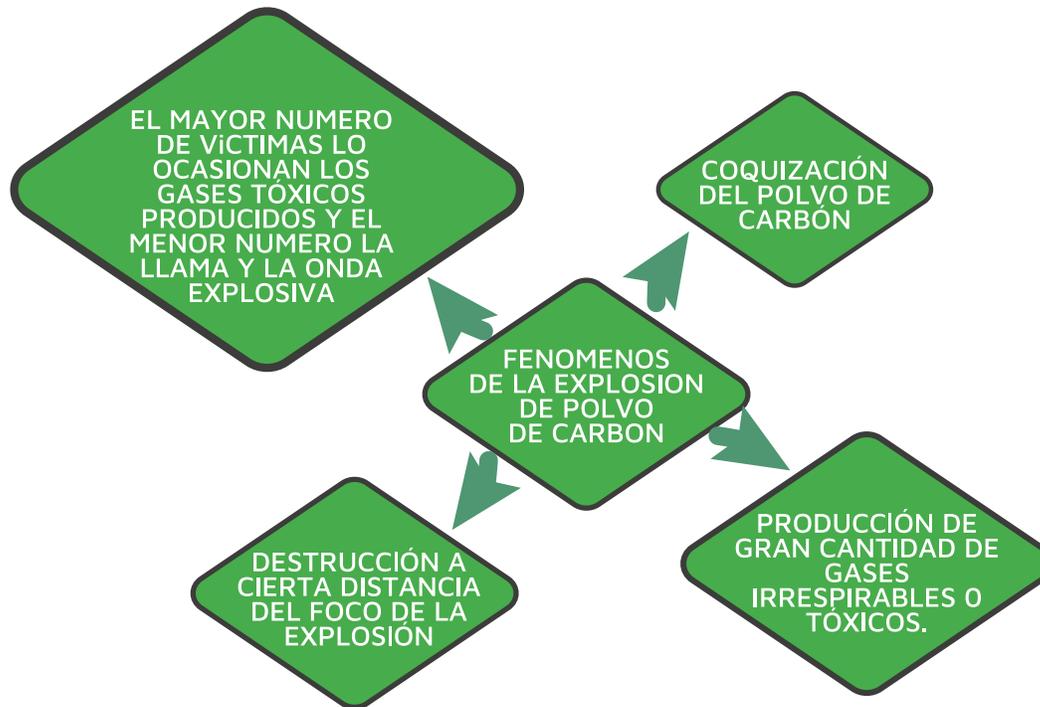


Las principales fuentes caloríficas para iniciar la reacción en cadena de la explosión de polvo de carbón, son:



#### 4. Fenómenos de la explosión de polvo de carbón

En la nube, las partículas de polvo de carbón afectadas por la llama se desgasifican en parte, produciendo hidrogeno, metano y otros gases; estos gases, unidos con el aire, forman una mezcla explosiva que es encendida por la llama; entonces se queman y desgasifican nuevas partículas de polvo de carbón, de manera que la explosión una vez iniciada puede propagarse a grandes distancias, alcanzando velocidades de hasta 1.000 m/seg.



### 5. Efectos dinámicos de la explosión de polvo de carbón

Débiles cerca del punto de partida (Foco) donde las velocidades de la onda explosiva pueden estar entre 20 y 30 m/seg. A unos 300 m de distancia del foco, la velocidad de la onda de explosión puede llegar a 1000 m/seg.

### 6. Efectos caloríficos de la explosión de polvo de carbón

Consisten en el encendido de la madera y otros materiales combustibles. La temperatura puede llegar a unos 4000°C. Las consecuencias de la explosión del polvo de carbón pueden ser:

- Destrucción del sostenimiento y tabiques de ventilación en los lugares estrechos y curvas.
- Destrucción de tabiques aislantes de zonas incendiadas.
- Derrumbes por falta de sostenimiento, obstruyendo la ventilación.
- Incendio de la madera por las altas temperaturas.
- Peligro directo para la vida humana por quemaduras, golpes o la gran cantidad de monóxido de carbono, que en ocasiones puede llegar al 12% en la atmosfera.
- La llama de la explosión siempre alcanza los sitios localizados a grandes distancias fuera de la zona cubierta con polvo. Hay casos en que la llama de la explosión ha llegado a más de 5.000 m de distancia.

### 7. Señales que indican que hubo explosión de polvo de carbón

Estas señales se pueden apreciar claramente a cierta distancia del foco de la explosión, tales como:

- Minúsculas perlas de resina en la madera, demuestran que hubo calentamiento.

- Incrustaciones de coque o polvo superficialmente coquizado, colocado sobre la entibación.
- Aspecto pardusco y apagado del frente de carbón y de todo el frente, debido a la depositación de polvos finos de ceniza dejados por la combustión.

### 12.2.3. PELIGROS Y RIESGOS

En las minas con yacimientos de origen orgánico se presenta riesgo de explosiones de metano y/o polvo de carbón.

El polvo de carbón es soluble en la saliva o en el sudor y entonces puede ejercer una acción nociva por absorción en la respiración, la ingestión o la penetración a través de la piel.

En otros casos puede ejercer acción perjudicial por acción mecánica, heridas microscópicas, inserción en las mucosas o tejidos fisiológicos similares.

## 12.3. MEDIDAS DE PREVENCIÓN

### 12.3.1. MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA LAS EXPLOSIONES DE METANO

Dentro de las medidas de prevención para evitar una explosión de metano podemos tener:

#### • Estudio Geológico

En las minas subterráneas de carbón se debe contar con un estudio geológico que incluya un plano, indicando las concentraciones de gas metano en los mantos de carbón a explotar, así como en los mantos superior e inferior a explotar.

#### • Análisis de riesgo

En las minas subterráneas de carbón se debe elaborar un análisis de riesgos para determinar e identificar las áreas propensas a desprendimientos instantáneos de gas metano. El análisis de riesgo y el plan de prevención deben estar contenidos dentro del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST, y debe contar mínimo con la siguiente información:

- Los antecedentes de desprendimientos en explotaciones realizadas en la región.
- El tipo de carbón a explotar.
- Los tipos de desprendimientos posibles.
- Los planos geológicos estructurales (isopacas, fallas, deformaciones, entre otras).
- La distribución de los contenidos de gas metano en el manto de carbón, en m<sup>3</sup>/ton.
- Las estructuras geológicas en parte superior e inferior del manto a explotar.
- La profundidad del manto a explotar.
- La determinación del rumbo de la fractura miento principal del manto de carbón a explotar.
- Las estadísticas de las concentraciones de gas metano en el (los) manto(s) de carbón por m<sup>3</sup>/ton.

#### • Un Plan de prevención

Toda mina subterránea de carbón que de acuerdo con los resultados del análisis de riesgos que sea susceptible de desprendimientos instantáneos de gas metano, debe contar con un plan de trabajo que le permita administrar las acciones para prevenir los posibles riesgos derivados de este evento y

continuar con la explotación de los mantos de carbón. El plan debe incluir:

- Las medidas de seguridad que se tomaran durante la explotación de los mantos de carbón reconocidos.
- La información de los factores de riesgo a los que estarán expuestos, la capacitación que todos los trabajadores de los frentes de trabajo deban recibir para controlarlos, la forma segura para realizar sus actividades, el tipo de herramientas y, en su caso, la maquinaria que deben utilizar.
- La metodología para definir o determinar las dimensiones de las barreras de protección que se deben conservar en las frentes de desarrollo, antes de continuar con su avance en las zonas susceptibles de desprendimientos instantáneos.

#### • **Desgasificación de los mantos en los frentes de explotación**

Este proceso reduce los contenidos de metano durante el arranque, y puede llevarse a cabo realizando barrenos en el frente dependiendo del volumen de material que se quiere explotar, a mayor número de barrenos, mayor velocidad de desgasificación.

#### • **Medición y Vigilancia del contenido de gas constante**

Este proceso debe realizarse de manera permanente y continua en toda la mina, debe realizarse por personal capacitado y equipos debidamente calibrados.

#### • **Realizar una muy buena ventilación en la mina**

Se debe garantizar un caudal suficiente de aire con corrientes turbulentas en todos los sectores de la mina, que igualmente permitan la dilución del metano, así:

- Caudal requerido por el personal
- Caudal requerido por gases de voladura
- Caudal requerido por maquinaria diésel
- Caudal requerido por producción

Caudal requerido por material particulado

- Caudal requerido por grisú

El drenaje de gas es una parte esencial de la explotación de carbón, donde las emisiones de gases

emitidas por mantos afectados por la minería son más altas que las que podrían ser diluidas por el aire de ventilación.

Los métodos utilizados para la captura de gas de los mantos de carbón en explotaciones de minas de carbón se clasifican convencionalmente como métodos de pre-drenaje o métodos de post-drenaje, dependiendo de si el gas se drena a partir del carbón sin explotar antes

de las actividades de explotación, o del carbón afectado por la recuperación secundaria o la extracción de tajo largo.

### 12.3.2. MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA LAS EXPLOSIONES DE POLVO DE CARBÓN.

Por el contenido de polvo de carbón de una mina, de acuerdo al Decreto 1886 de 2015 las minas están clasificadas de la siguiente manera:

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
I - con respecto al metano, se clasifica como pulverulenta inflamable (polvo de carbón volátil muy fino)	Cuando el contenido de materias volátiles en el carbón que se explota, sea superior al dieciséis por ciento (16%).
II y III - Respecto al metano	Se clasifica como pulverulenta inflamable cuando el contenido de materias volátiles dentro del manta de carbón que se explota sea superior al catorce por ciento (14%).

Para prevenir una explosión de polvo de carbón es necesario evitar que se presenten las siguientes condiciones de manera simultánea:

- Presencia de polvo de carbón.
- Un tamaño de partículas que permita la propagación de la llama menor a cero comas cinco milímetros (< 0,5 mm).
- Una atmósfera con oxígeno suficiente para mantener la combustión.
- Una nube de polvo con una concentración dentro del rango de explosividad.
- Una fuente con energía suficiente para la ignición.
- Que se supere el Límite Inferior de Explosividad (LEL).

En las minas clasificadas como pulverulentas inflamables se deben tomar las siguientes medidas:

- Evitar las acumulaciones de polvo.
- Humedecer los frentes de arranque y los puntos de cargue y descargue de mineral o estériles.
- Neutralizar los depósitos de polvo de carbón que se formen sobre los pisos, paredes y techos de las galerías principales de ventilación y transporte, con elementos tales como agua o polvo inerte de caliza.
- Ubicar barreras de polvo inerte de caliza o agua en las galerías principales de ventilación y transporte de carbón.
- En la neutralización con polvo inerte de caliza, se debe utilizar material a malla

cuatrocientos (400) con un contenido de sílice menor del tres por ciento 3%.

- La neutralización debe hacerse frecuentemente con polvo inerte de caliza en porcentaje mínima del ochenta por ciento (80%), de tal forma que el polvo de carbón sedimentado no contenga más de veinte por ciento (20%) de partes combustibles.

- Cuando la neutralización se hace con agua, las acumulaciones de polvo combustible deben mantenerse continuamente húmedas, de manera que este polvo tenga un contenido mínimo de agua del setenta y cinco por ciento (75%).

- Las barreras de polvo inerte de caliza o de agua contra explosiones se deben instalar en tramos de vías subterráneas, aproximadamente rectos, horizontales o inclinados, donde la sección sea lo más uniforme posible.

- Los tramos de vías rectos delante y detrás de la barrera contra explosiones, deben tener una longitud mínima de veinticinco metros (25 m).

- En la zona donde se instale la barrera contra explosiones, debe indicarse en un tablero, la sección de la vía, así como el número de plataformas, la carga y el peso de esta, ya sea de polvo inerte de caliza o de agua.

- Las plataformas de las barreras de polvo inerte de caliza o agua, deben estar constituidas de tabloncillos no clavados y sin rebordes.

- El material utilizado en los recipientes de las barreras de agua, debe ser lo suficientemente frágil, para que se rompa al ser alcanzado por un golpe de polvo o una onda explosiva.

- Las barreras de polvo inerte de caliza o agua, deben ubicarse perpendiculares al eje de la galería o del inclinado.

- Las barreras de polvo inerte de caliza o agua que se utilizan para aislar sectores

de explotación, deben contener por lo menos, cuatrocientos litros de material por metro cuadrado (400 l/m<sup>2</sup>) de sección transversal de la galería donde estén instaladas y su longitud debe ser inferior a ochenta metros (80 m).

- Las barreras de polvo inerte de caliza o agua que se instalan en las galerías de transporte de carbón, deben contener por lo menos doscientos litros de material por metro cuadrado (200 l/m<sup>2</sup>) de sección transversal de la galería donde estén instaladas y su longitud debe ser inferior a cuarenta metros (40m).

- Las barreras de polvo inerte de caliza o agua que se instalan en las galerías de transporte de carbón deben estar señalizadas con colores reflectivos.

## **12.4. ATENCIÓN DE UNA EMERGENCIA CAUSADA POR EXPLOSIONES DE GASES Y/O POLVO DE CARBÓN**

### **12.4.1. ATENCIÓN DE UNA EMERGENCIA CAUSADA POR EXPLOSIONES DE METANO**

Para atender una emergencia causada por explosión de grisú, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- Al emplear las cuadrillas de socorredores, se observarán y cumplirán los principios vigentes y obligatorios requeridos para una acción contra incendios.

- En la emergencia donde haya presencia de gases irrespirables, el socorredor siempre debería utilizar los aparatos de respiración de circuito cerrado.

- Una vez determinada la concentración de los gases tóxicos como el CO, deben realizarse algunas actividades dirigidas a diluir los gases mediante una intensa

ventilación, siempre y cuando no existan incendios en el yacimiento.

- Para realizar acciones en frentes donde se han presentado voladuras es indispensable el uso de aparatos de respiración, porque los gases nitrosos y tóxicos sulfurosos se depositan en el mineral por largo tiempo.

- Si no va protegido con equipo de circuito cerrado, no hay que mover aguas estancadas y de goteo.

- En caso de tener que pasar por dichas aguas deben usarse aparatos de respiración y tener en cuenta el peligro que representa el desprendimiento del gas para el personal que se encuentra en esa zona.

- Después de una expulsión de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> o explosión de metano, deben realizarse acciones de control en el área directamente afectada y en todas aquellas por donde fluyen o circulan los gases producidos.

- Es conveniente cerrar o proteger las posibles vías de acceso contra la entrada de personal no autorizado.

- Cuando hay personal en peligro, las actividades básicas dentro de una acción de salvamento deben dirigirse a introducir grandes cantidades de aire respirable a la zona afectada, aun a costa de disminuirla en otras regiones de la mina, sin que esto ocasione la generación de mezclas explosivas.

- La acción de salvamento no debe suspenderse sino cuando se haya evacuado a todo el personal afectado, y se haya restablecido completamente la ventilación de la mina.

- Después de una explosión de polvo o de metano, debe suspenderse el fluido eléctrico en la zona afectada.

- En casos de emanación o generación por la explosión de grandes volúmenes de gas carbónico, deben despejarse de

personas de las bocaminas de salida de tales gases e instalar barreras.

- Después de las emanaciones o explosiones se deben instalar ventiladores.

- Una vez se hayan restablecidos las condiciones normales de ventilación, corresponde al jefe de la acción decidir la suspensión del uso de aparatos de respiración y la continuación de otras labores con personal especializado.

### 12.4.2. ATENCIÓN DE UNA EMERGENCIA CAUSADA POR EXPLOSIONES DE POLVO DE CARBÓN Y/O METANO

Para la atención de una emergencia minera se procede de la siguiente manera:

#### Activación de la Cadena de Llamado

Cuando se hace un llamado a la Estación de Seguridad y Salvamento Minero para informar sobre la existencia de una emergencia, cualquier persona puede recibir la llamada. La persona que recibe la información debe transmitirla de inmediato al Ingeniero de Seguridad y Salvamento Minero o en su defecto al mecánico de equipos, quien se encargará de verificar la información.

Cuando se tiene la certeza de que la emergencia existe, se procede a hacer el llamado a los líderes de todo el sistema, lo que permite activar la estructura administrativa y operativa para la atención de emergencias. Al recibir el llamado y después de haber confirmado la veracidad de la información, se procede a notificar al Gerente de Seguridad y Salvamento Minero, así como al asesor experto del grupo de Seguridad y Salvamento Minero.

**Llamado a socorredores de salvamento minero**

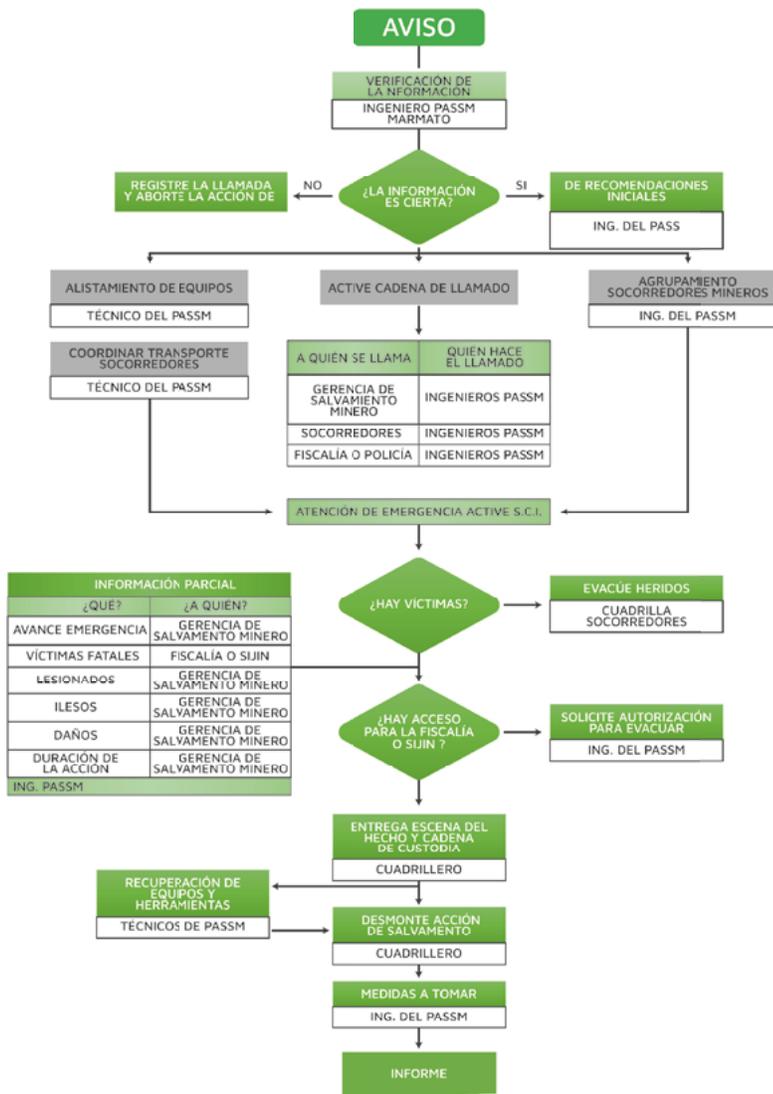
Los Socorredores mineros normalmente son personas que laboran en las distintas minas del área de influencia de la Estación de Seguridad y Salvamento Minero. Por eso, el llamado a los socorredores dependerá de la ubicación geográfica donde se esté presentando la emergencia y el tipo de evento que la causó.

**Llamado a entidades de apoyo externo más cercanas**

El criterio de a quién llamar y cuándo, dependerá básicamente del tipo de emergencia y de su magnitud; sin embargo, a todas las entidades del área de influencia, se les debe informar con el objeto de que estén preparadas en caso de que se requiera su participación.

Quando se presenten fatalidades, resulta fundamental que se le dé aviso en primera instancia a la Fiscalía que tenga la Jurisdicción o en su defecto a la Policía con funciones de Policía Técnica Judicial.

*Figura 12.1 Secuencia para la atención de una Emergencia Minera*



Las operaciones a realizar para la atención de la emergencia son las siguientes:

### 1. Alistar equipos

Una vez recibido el llamado y analizada la información y según la clase de accidente, su ubicación y su magnitud, se procede al alistamiento de equipos de rescate, ubicación del personal socorredor y acudir al llamado en el menor tiempo posible. A continuación, se enlistan los equipos necesarios y acordes con el tipo de emergencia que se reporta:



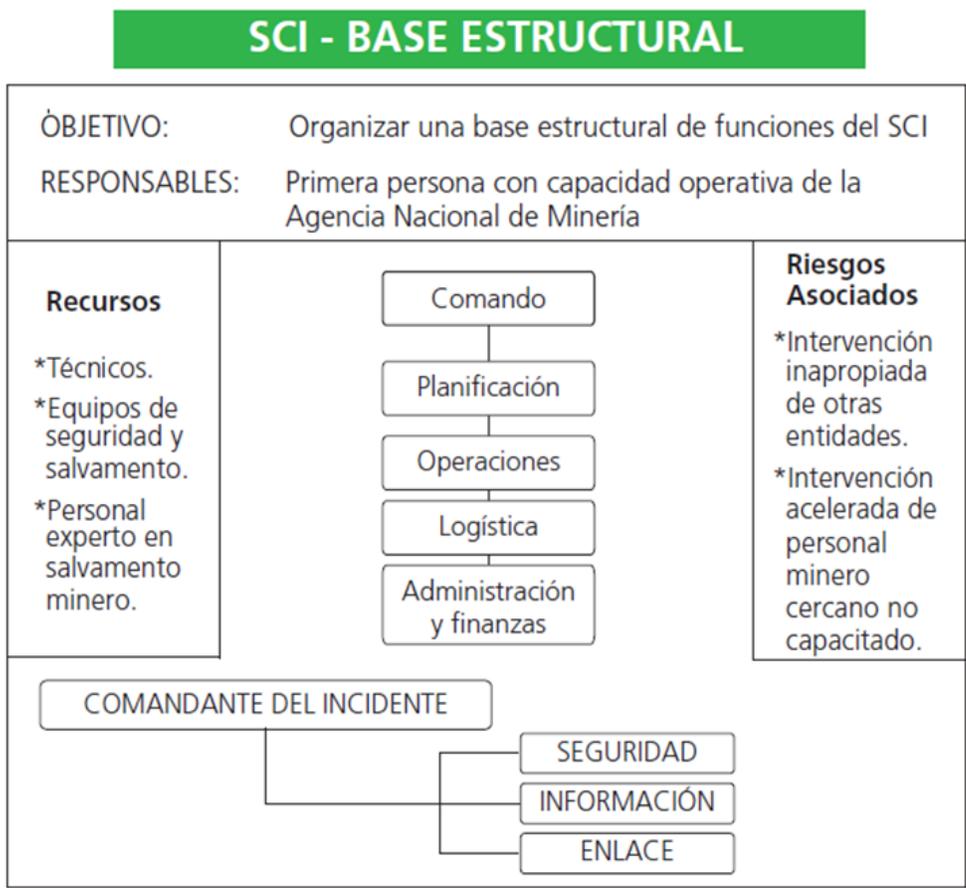
- Equipos de respiración autónoma de circuito cerrado BG4 Plus
- Caretas Panorámicas
- Botellas de oxígeno (180 - 200 Atm)
- Cartuchos absorbedores
- Multidetectores de gases
- Equipos de autorrescate
- Camilla y correas
- Juego de inmovilizadores
- Cuerdas, arnés, mosquetones, ochos, libreta de apuntes, lapicero, metro
- Dotación personal (lámparas de seguridad, overoles institucionales, botas, cascos y guantes)
- Botiquín de traumas (botiquín - incluye plásticos-ambú)
- Ventilador minero
- Ducto de ventilación
- Manilas de diferente longitud.
- Otros necesarios.

Los equipos y el personal de La Agencia Nacional de Minería que atenderá la emergencia desplazarán en el vehículo de rescate, de acuerdo con la directriz generada por la Gerencia de Seguridad y Salvamento Minero y previa autorización (telefónica o escrita).

**2. Recibir instrucciones**

Una vez llega al lugar de la emergencia, se informa a la Gerencia de Seguridad y Salvamento Minero y se activa el Sistema Comando de Incidentes (figura x).

*Figura 12.2. Estructura del Sistema de Comando de Incidentes*



Fuente: OFDA-LAC/USAID; Ajustó y Modificó: ESSMN ANM.

Los socorredores mineros reciben las instrucciones necesarias del jefe de la emergencia quien dirigirá los trabajos desde superficie o desde la Base de Aire fresco.

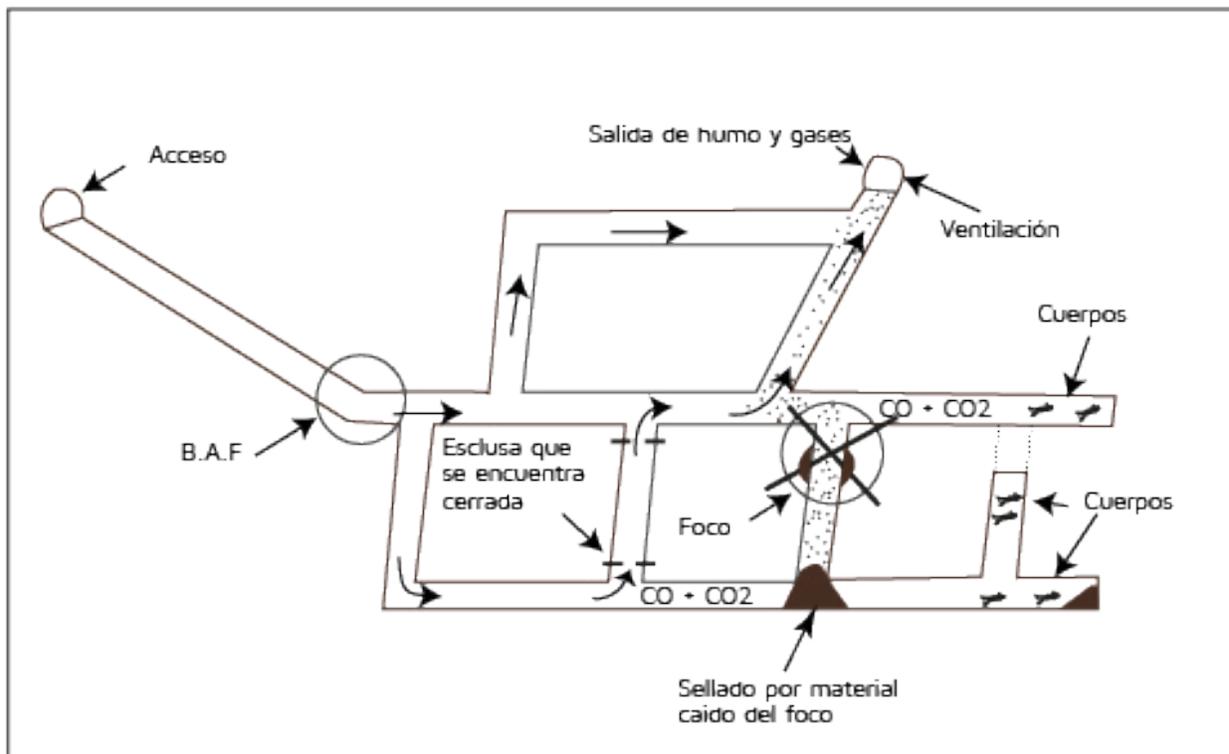
**1. Ingresar a la mina**

- a. El cuadrillero se dirige con su cuadrilla, llevando un piano donde se ha marcado la ruta a seguir, por una vía de entrada de aire fresco y manteniendo permanente contacto con superficie.

- b. Durante el recorrido y al llegar a la zona afectada, observe el espesor de la capa de polvo de carbón acumulado en las vías, porque esto puede mostrar la dirección de donde llegó la explosión o donde se inició.
- c. Observe cuidadosamente el sostenimiento, ya que pudo haber sido dañado y no presentar síntomas visibles. Si la cuadrilla pasa sin precaución el sostenimiento puede caer, provocando derrumbes, lesionando directamente a los socorredores o dejándolos atrapados.
- d. Cada 15 6 20 minutos revise manómetros de los aparatos y el estado general de cada uno de los integrantes de su cuadrilla.
- e. A intervalos regulares, según los cambios que note, haga registro de gases, comunique a la jefatura de acción y anote el resultado en la libreta.
- f. Revise el estado de la ventilación, para determinar perturbaciones u obstrucciones; principalmente revise el estado de los tabiques para verificar su hermeticidad.
- g. Si encuentra barreras de polvo cardas, estas pueden mostrar la forma y alcance de la explosión.

## 2. Ubicar el foco de la explosión

- a. El cuadrillero debe elaborar un croquis de las situaciones encontradas durante el trayecto, anotando los puntos donde se encontró al personal afectado Y las características de cada caso.



Seleccione y señale en el plano, según las condiciones encontradas, el sitio apropiado para la B.A. F.

**b.** Si no hay posibilidad de prestar auxilio a alguien, el cuadrillero regresa con su cuadrilla a superficie.

**c.** El cuadrillero tiene el poder de tomar decisiones importantes, según las condiciones reinantes en la zona afectada, de común acuerdo con el jefe de la acción, tales como:

- Alterar o cambiar los circuitos de ventilación.
- Rescatar o no personal, antes de llegar al foco de la explosión.
- Regresar a superficie sin haber realizado ningún trabajo.
- Ampliar o no los períodos de permanencia después de conocer la humedad relativa.
- Otros.

## 5. Ejecutar la acción planeada

Esta labor corresponde a la cuadrilla de rescate.

**a.** Según la situación específica y los informes de la cuadrilla de inspección, seleccione y distribuya por partes iguales las materiales y herramientas entre los socorredores.

**b.** Diríjase a la zona afectada en forma organizada, comparando las condiciones ambientales del momento con las reportadas por la cuadrilla de inspección, para determinar la evolución o cambios notables adversos.

**c.** Cuando pase a través de puertas de ventilación déjelas como estén, a menos que reciba instrucciones diferentes.

**d.** Descanse a menudo si las condiciones están muy difíciles, y observe el manómetro cada 15 o 20 minutos para

comprobar la reserva de oxígeno, tanto en el viaje de ida como en el de regreso.

**e.** Si una situación de emergencia requiere de alguna acción de superficie, comuníquela inmediatamente al jefe de la acción.

**f.** El cuadrillero analizará la situación y dará las órdenes pertinentes para el rescate.

**g.** Si el rescate involucra hombres atrapados se debe actuar rápidamente, pero utilizando el sentido común de acuerdo con la situación.

**h.** Preste los primeros auxilios si es necesario.

**i.** Durante el regreso, este pendiente de las condiciones a su alrededor: gases, humo, agua, polvo, etc.

**j.** No trate de recoger elementos que le puedan estorbar durante el retorno.

**k.** Una vez haya terminado la labor de rescate, regrese a la base y quítese el aparato.

## 6. Elaborar informe

Inmediatamente finalizadas las operaciones de rescate, el Ingeniero de Seguridad y Salvamento Minero debe elaborar el Acta de Emergencia, en la que deben especificarse las medidas preventivas y de Seguridad tomadas. Esta acta de emergencia debe ser firmada por el responsable de la explotación, titular u operador; una copia del acta debe hacerse llegar al Alcalde del municipio respectivo; otra copia al expediente del título minero y otra debe quedar como archivo.

## **TEST DE RETROALIMENTACION**

1. ¿Qué es el pentágono de explosión?
2. Explique el mecanismo de explosión por polvo de carbón.
3. ¿Cómo se puede prevenir una explosión de metano y una explosión por polvo?
4. Describa los elementos más importantes a tener en cuenta en una acción de salvamento por explosión subterránea.
5. ¿Mediante qué elementos, se pueden disminuir los efectos de una explosión?

CAPÍTULO

13

**INUNDACIÓN EN  
MINERÍA BAJO  
TIERRA**

## INUNDACIÓN EN MINERÍA BAJO TIERRA

Cuando se realiza cualquier excavación minera existe el peligro de que ingrese agua a la misma. Las formas tempranas de minería se realizaban principalmente en el afloramiento de carbón o cerca de la superficie en el caso de otros minerales. El acceso se lograba generalmente por medio de socavones inclinados y túneles de poca profundidad. A medida que estas excavaciones alcanzaban el límite de su capacidad de ventilación o de bombeo, eran abandonadas llenándose de agua, constituyendo de este modo un peligro en el futuro.

La presencia de agua en cantidades muy variables, ya sea en la superficie en forma de lluvia, ríos o lagos, o contenida en los estratos y en zonas ya explotadas de las minas, siempre ha exigido que se tomen precauciones frente a posibles inundaciones repentinas en explotaciones existentes.

Las irrupciones de agua en las minas, a veces en grandes cantidades, han tenido como consecuencia la pérdida de numerosas vidas humanas en todo el mundo. Por desgracia, todavía se producen incidentes de este tipo, dando lugar a circunstancias que hacen que el trabajo de salvamento se torne extremadamente peligroso y difícil.

### 13.1 DEFINICIONES

#### **Inundación:**

En la mina subterránea, inundación es el flujo incontrolable de agua a algunas o a todas las secciones de la mina, produciendo varias consecuencias.

#### **Minas/explotaciones abandonadas:**

Una mina en la cual ya no se realizan trabajos (y con respecto a la cuales se ha entregado un aviso de abandono a la Agencia Nacional de Minería).

#### **Planos de trabajo:**

- Planos de todas las explotaciones en una mina donde se extraiga cualquier mineral, y de los límites de la mina, y de cualesquiera otras explotaciones vecinas que puedan afectar la seguridad de la mina.
- Secciones precisas de mantos donde se realizan trabajos actualmente y de los estratos circundantes.

**Planos de ventilación**

Planos que muestren el sistema de ventilación de la mina, de la dirección general del flujo de aire, de los puntos donde se toman mediciones, de los ventiladores y de la ubicación de los dispositivos principales para regular el flujo.

**Esquema de trabajo:**

Un plan escrito y detallado de la explotación, que incluye detalles tales como aquellos previstos para una apertura de frente de excavación que se dirige hacia un peligro potencial, por ejemplo, zonas ya explotadas de la mina.

**Mapa geológico:**

De la zona donde se encuentra localizada la mina, que muestre los límites de los trabajos mineros y de los diferentes depósitos de minerales o rocas que representados en 3 dimensiones en un mapa plano.

**Irrupción:**

Un flujo súbito e inesperado hacia la mina que puede exponer a las personas a peligros.

**Explotaciones en desuso, Abandonadas:**

Parte de una mina donde ya no se realizan trabajos pero que todavía puede ser accesible. Pueden también corresponder a explotaciones abandonadas o acordonadas en la mina, o de otra mina, o desde la superficie, por ejemplo, a través de un pozo.

**Área de peligro :**

Cualquier parte subterránea de la mina donde no sea seguro trabajar o transitar en un momento dado. Área potencialmente peligrosa Cualquiera de los siguientes:

- Explotaciones en desuso.
- Roca o estratos que contengan o que sea probable que contengan agua.
- Turba, carbón fracturado, musgo, grava, limo u otro material que fluya o que sea probable que fluya cuando se encuentra mojado.
- Una masa de agua superficial Masa de agua superficial El mar, un lago, río o cualquier otra masa de agua superficial que se haya acumulado de manera natural o artificial.

**Cruzada:**

Una vía bajo tierra que se avanza para unir o conectar vías de manera transversal.

**Plan de Escape y Rescate:**

Plan escrito que establece las medidas que deben tomarse para efectuar de manera segura y oportuna, la evacuación y rescate de personas hacia un lugar seguro, en caso de una emergencia.

**Autorrescatador:**

Aparato o equipo personal, de protección respiratoria, diseñado para escapar de atmósferas contaminadas o con deficiencia de oxígeno.

**13.2 ORIGEN**

Según su origen en minería subterránea se pueden encontrar varios tipos de aguas, así:

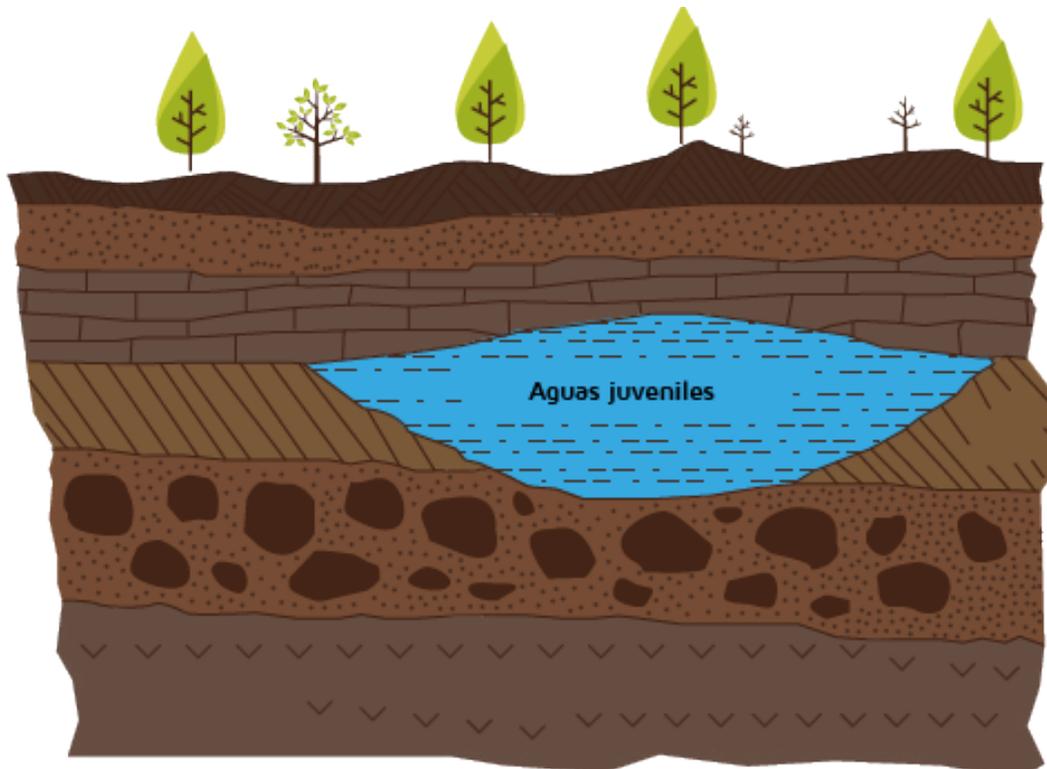
**Aguas juveniles:**

Las cuales se originan durante el enfriamiento del magma. Figura 13.1. Muestra Posible ubicación de depósito agua Juvenil.

## Aguas residuales

Son aquellas que quedan en la corteza terrestre, de antiguos mares y lagos ya desaparecidos.

*Figura 13.1 Aguas Juveniles.*



Están separadas de las antiguas superficies por una gruesa capa de rocas impermeables, es decir que no permiten el paso de agua a través suyo.

### Aguas atmosféricas o de filtración:

Se originan en las lluvias. Generalmente se encuentran cerca de la superficie y representan la mayor cantidad de aguas en las minas. Pueden ser de dos clases:

1. Aguas de nivel libre
2. Aguas de nivel bajo presión

### Aguas tecnológicas:

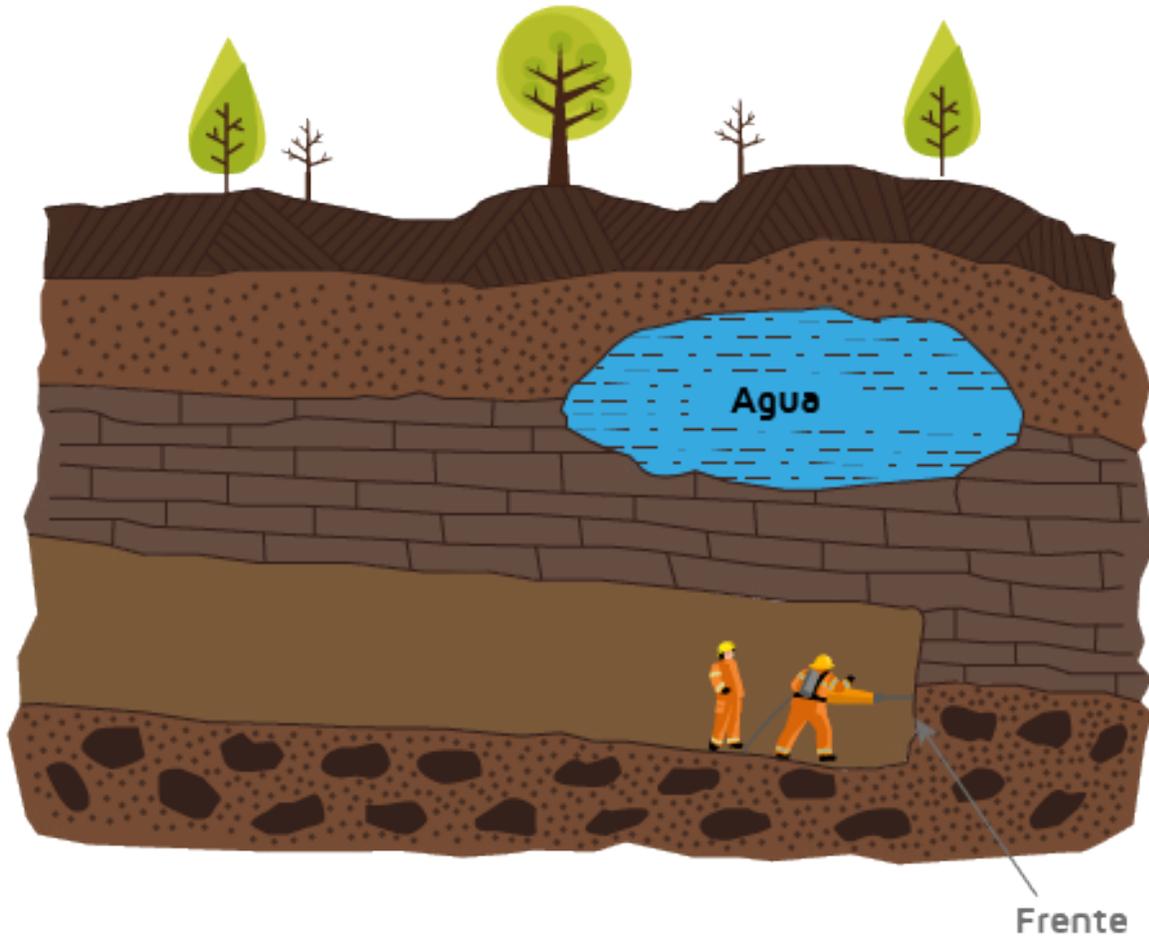
Son las llevadas a la mina por tuberías para las diferentes labores, tales como: perforación, humedecer el carbón, refrigerar herramientas, etc.

## 13.3 CAUSAS DE LAS INUNDACIONES

La irrupción de las aguas a las vías y frentes de trabajos de las minas, puede tener lugar por:

- El avance de vías o zonas de explotación, que produce el desequilibrio y rompimiento de las capas impermeables que servían como depósito natural.
- El desarrollo de labores mineras en forma equivocada en los límites de depósito subterráneos de agua, los cuales aparecen durante la explotación. Ver grafica No. 13.2.
- La falta de mapas y planos que indiquen zonas explotadas, las cuales se convierten en depósitos de agua que pueden ser abiertos, causando el flujo abrupto de grandes masas de agua y lodo.

Figura No. 13.2. Ubicación frente de avance



- La existencia de comunicación con minas vecinas que están en un nivel más alto o cerca de los ríos, quebradas o lagos o sencillamente poseen niveles freáticos+ que pueden romperse.
- La existencia de ríos o quebradas cerca a las bocasminas, que en tiempos de lluvia pueden desbordarse e inundarlas arrastrando grava y lodo.
- La acumulación lenta de ciertas cantidades de agua en sitios estratégicos por falta de supervisión, suspensión del bombeo, suspensión de labores en fines de semana, etc. Niveles freáticos: Aguas subterráneas.

## 13.4 PELIGROS Y RIESGOS

### 13.4.1 GRADOS DE RIESGO DE INUNDACIÓN PARA LAS MINAS

Teniendo en cuenta la posibilidad de inundación de una mina de aguas de superficie o desde las corrientes o depósitos subterráneos, se pueden considerar tres grados de riesgo:

Tabla 13.1. Grados de riesgo de inundación para las minas

RIESGO DE PRIMER GRADO:	RIESGO DE SEGUNDO GRADO:	RIESGO DE TERCER GRADO:
<p><b>Se considera así, cuando en toda lámina o parte de ella hay presencia permanente de agua, pero su flujo es tranquilo y constante, fácil de controlar y evacuar sin entorpecer los trabajos mineros.</b></p>	<p>Este riesgo existe en la mina o parte de ella cuando:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Se encuentran capas acuíferas sobre el techo o bajo el piso y pueden ablandar el terreno poniendo en peligro la vía.</li> <li>-Existen niveles acuíferos sobre capas impermeables agrietadas y que están aisladas de las vías por gruesas capas de roca impermeables.</li> <li>-Existen fallas geológicas con presencia de lodo o de agua.</li> <li>-Existen taponamientos de los cuales se conocen su construcción y que pueden conectar varios niveles acuíferos.</li> </ul>	<p>Toda la mina o parte de ella está expuesta si:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Los depósitos y corrientes en superficie pueden entrar repentinamente en la mina.</li> <li>-Muy cerca al techo o al piso y hay niveles acuíferos agrietados.</li> <li>-Directamente en el yacimiento aparecen depósitos de aguas libres o bajo grandes presiones.</li> <li>-Se sabe de la existencia, pero no se conocen detalladamente su localización ni volumen.</li> <li>-Existe la posibilidad de avalancha o irrupción de arenas o de lodo hacia las galerías.</li> </ul>

Por otra parte, el riesgo de inundación de las minas o parte de ellas, puede decirse que dicho riesgo es de dos (2) clases:

#### **Riesgo directo:**

Cuando la entrada o irrupción del agua a las galerías es abrupta, abundante y repentina, proveniente de las fallas geológicas en los niveles acuíferos superiores, depósitos subterráneos o desde la superficie.

#### **Riesgo indirecto:**

Cuando la acumulación de agua en las galerías tiene lugar por falta de hermeticidad del sostenimiento, por trabajos antiguos conectados a depósitos de agua, etc.

- Ser un peligro directo para la vida humana por ahogamiento, aislamiento asfixia.

- Caer el sostenimiento en las avalanchas, produciendo derrumbes e interrupciones en el circuito de ventilación.

- Arrastrar materiales sueltos que se encuentran en las vías, depositándolos en los sitios o cruces estrechos y en las depresiones o lugares bajos, sellando las vías perturbando la ventilación.

- Acumular el agua en las vías inclinadas y depresiones, formando depósitos que obstruyen la ventilación.

### **13.4.2 POSIBLES CONSECUENCIAS DE LAS INUNDACIONES**

La inundación de parte o de toda una mina pueden tener consecuencias tales como:

- Arrastrar rocas sueltas o blandas, produciendo cavernas de grandes dimensiones que ponen en peligro la estabilidad del terreno, es decir, provocar el hundimiento de suelo.

- Ablandar el terreno en los sitios de acumulación, con la posibilidad de que se presenten derrumbes.

- Daños en equipos mecánicos o depósitos que se encuentren en las vías por donde pasa o se deposita el agua o el lodo.

- Daños o corto-circuitos en equipos eléctricos con riesgo de explosión de gas.

### **13.5 MEDIDAS DE PREVENCIÓN CONTRA INUNDACIONES**

#### **Control de las corrientes superficiales de agua**

El titular minero, el explotador minero y el empleador minero tienen obligación de evitar las corrientes superficiales accedan a labores subterráneas.

#### **Precaución en trabajos de se realicen por debajo de corrientes o depósitos de agua**

Con el fin de evitar inundaciones, se deben tomar precauciones especiales cuando se realicen trabajos mineros por debajo de corrientes o depósitos de agua.

#### **Manejo de las aguas**

Las aguas subterráneas deben poder fluir hacia la cota inferior de la mina, a pozos de recolección bajo tierra, de capacidad superior al volumen que recibe, a partir de los cuales se efectuará el bombeo a la superficie, mediante bombas eléctricas o neumáticas, a menos fluir por gravedad hacia el exterior.

**Queda prohibido el uso de bombas con motor de combustión interna dentro de las**

#### **labores mineras subterráneas**

En minería de carbón, las bombas eléctricas y elementos de alimentación y arranque deben tener protección antiexplosión y estar identificados con el símbolo Ex.

#### **Cunetas**

En toda labor minera subterránea se construir pegadas a una de las paredes de la misma, cunetas con profundidad, ancho y pendientes que faciliten el desagüe.

#### **Evacuación de las aguas**

Titular del derecho minero, el explotador minero y el empleador minero, tienen la obligación de evacuar las aguas acumuladas en el interior de la mina y realizar los procedimientos establecidos por la normativa ambiental para neutralizarlas y poderlas verter en la superficie. Igualmente, estará obligado a realizar las labores necesarias para evitar que las aguas de la labor subterráneas inunden minas o labores mineras subterráneas vecinas.

#### **Labores de sondeo y desagüe**

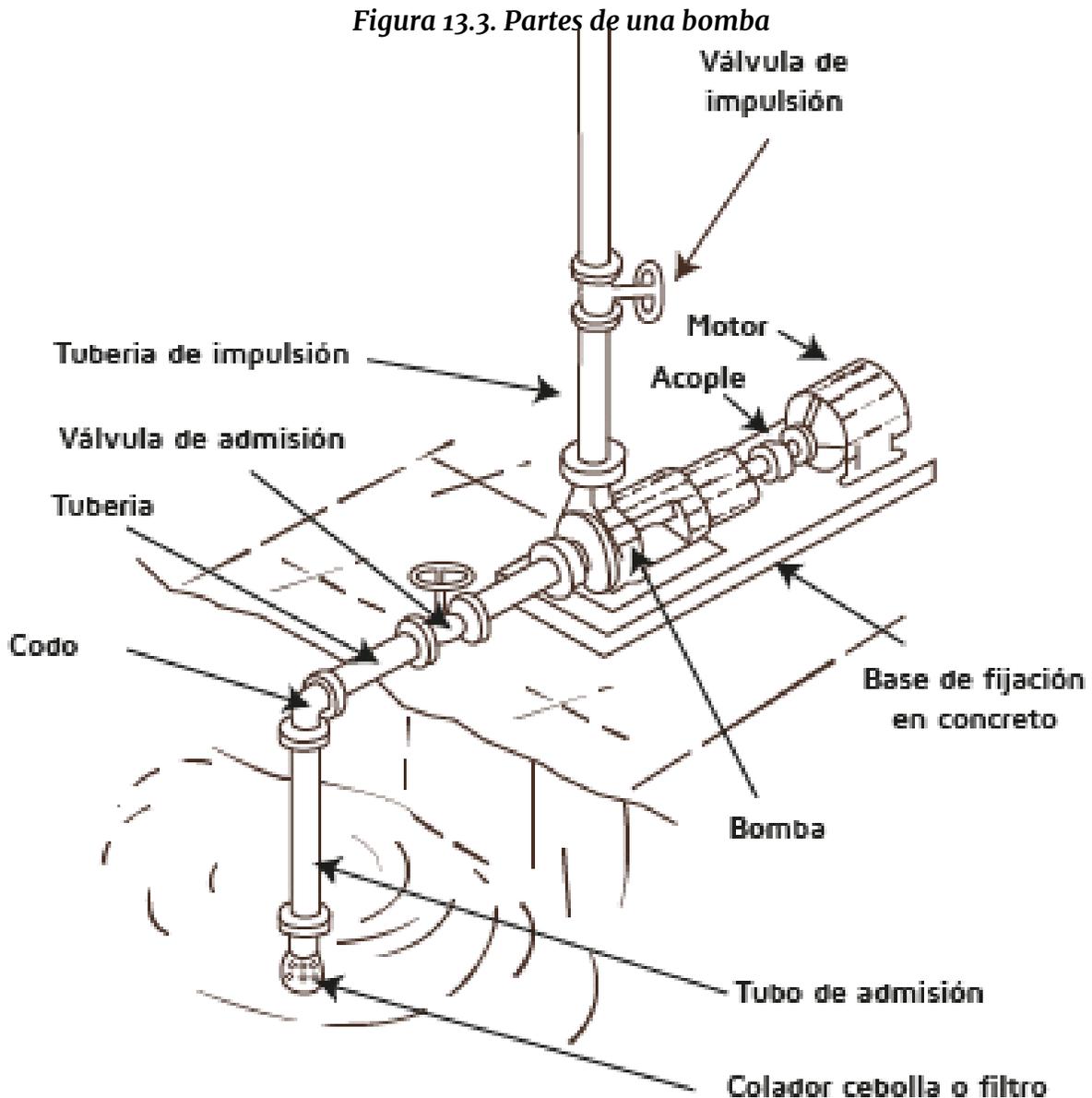
En todo trabajo, en el que se presuma la posible de existencia de un depósito de agua o “bolsillo de agua”, deberán adelantarse las labores de sondeo y desagüe necesarias, las cuales serán dirigidas por el supervisor o por responsable técnico de la labor minera subterránea.

## 13.6. GENERALIDADES DE BOMBAS PARA DESAGÜE

### 13.6.1. DEFINICIÓN

Una bomba es una maquina apropiada para elevar, extraer o expulsar un fluido (agua, combustibles, lodo, etc.).

### 13.6.2. PARTES PRINCIPALES EN LA INSTALACIÓN DE UNA BOMBA



Una bomba es una maquina apropiada para elevar, impulsar o extraer un fluido (agua, combustibles, lodo).

Las partes principales se describen en la presente grafica N. 13.3. además, se muestra, aunque hoy también se puede utilizar unas llamadas tipo lapicero sumergibles eléctricas que presentan buen funcionamiento para el desagüe de las minas bajo tierra.

### 13.6.3. CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS

*Tabla 13.2. Clasificación de las bombas*

<b>BOMBAS</b>	ELÉCTRICAS	CENTRIFUGA ROTATIVA	
	NEUMÁTICAS	DE FLOTADOR SUMERGIBLES CENTRIFUGAS	
		DE GASOLINA O A.C.P.M	BAJA Y ALTA PRESION

### 13.7. ATENCIÓN DE UNA EMERGENCIA POR INUNDACIÓN

#### 13.7.1. TÁCTICAS Y ORGANIZACIÓN DE SALVAMENTO EN CASO DE INUNDACIÓN

Para organizar una acción de salvamento, en caso de inundación, se deben tener en cuenta tres (3) etapas, desarrollándolas en el orden adecuado:

**Primera etapa:**

- Determinación del lugar en donde apareció el flujo abrupto del agua y su origen. (Depósito subterráneo, de superficie, labores antiguas, fallas, etc.).
- Determinación del volumen o cantidad aproximada de afluencia, para saber si tiene carácter continuo, si sucedió por imprevisión o puede repetirse en cualquier momento poniendo en peligro a los socorredores que van a entrar en acción.

- Determinación y demarcación de todas las zonas afectadas.
- Evaluación de los daños causados en las vías por donde se produjo la inundación y en lo posible otros efectos.

**Segunda etapa:**

- Aprovechar todos los medios disponibles para determinar el sitio donde se encuentra el personal en la zona de irrupción de agua.
- Establecer el número de personas y su posible localización, valiéndose de información en la oficina de registro de entrada, supervisores, administradores, propietario o de los trabajadores que lograron salir, etc.
- Conociendo la posible ubicación de la gente, determinar también las posibles vías de acceso, para organizar rápidamente el rescate.
- Hacer diagnóstico de las vías de acceso y los obstáculos que las bloquean para definir la forma de realización del rescate,

el número de socorredores y cuadrillas, equipos, otro personal, etc.

- Determinar las condiciones de ventilación, su mejoramiento y permanencia en las zonas donde se va a trabajar, para precisar si las labores requieren obligatoriamente ser o no realizadas por las cuadrillas de salvamento usando aparatos de respiración.

### Tercera etapa:

Las actividades de esta etapa están orientadas a suprimir los efectos de la inundación o avalancha y restablecer las condiciones en la zona afectada; para esto se debe:

- Establecer la magnitud de los daños, para decidir la posible reconstrucción de las vías y ante la posibilidad de nuevas inundaciones, determinar el método de reconstrucción.
- Los trabajos para la eliminación de los daños causados deben iniciarse en el sitio donde se originó la inundación, con el fin de procurar una mejor protección.
- Si el origen fue una falla acuífera, las medidas que se tomen para la eliminación de riesgo de nuevas inundaciones deben ser cuidadosamente analizadas, ej: tabiques, tapones aislantes, etc.

### 13.7.2. SALVAMENTO EN CASOS DE INUNDACIÓN

Al llegar al lugar, el comandante de incidente debe:

- Localizar al administrador de la mina y entrevistarlo, obtener toda la información disponible.
- Asegurar la zona o delegar esto a la policía.
- Determinar qué personas se encuentran

todavía en la mina y su condición

- Averiguar si las comunicaciones en la mina están funcionando
- Buscar los mineros que estén bien informados acerca de la zona inundada de la mina.
- Asegurarse de que los socorredores discutan qué puede esperarse con respecto a estos mineros
- ¿El ventilador se encuentra en funcionamiento; se necesita ventilación auxiliar?
- ¿Cuáles son las lecturas del gas de retorno?
- ¿Se ha desconectado la energía? ¿Cómo mantener las bombas de desagüe operando?
- ¿Se ha notificado al perforador?
- ¿Todos los organismos de apoyo han sido notificados y están en camino?
- Evaluar la situación e informar a la gerencia de la Agencia Nacional de Minería sobre el plan de rescate inicial.
- Solicitar recursos y equipos adicionales en caso necesario.

Los socorredores deben centrarse en el lugar donde se encuentra la mayoría de los mineros (siempre que la información disponible indique que los mineros están vivos) y desplegar cuadrillas hacia esta área. A medida que otras cuadrillas se encuentren disponibles, deben ser desplegadas para ayudar a las primeras dirigiéndose a las zonas con menor número de mineros y menores probabilidades de éxito. Las siguientes cuadrillas deben ser desplegadas para prestar asistencia. Las siguientes cuadrillas disponibles deben desplegarse (si todos los mineros siguen desaparecidos) a recorridos y rutas de emergencia posibles.

Los socorredores deben estar preparados para un largo y arduo rescate que implica largas horas de trabajo duro. La única manera probable de acceder a los mineros atrapados desde el subsuelo después de una irrupción o inundación es a través de la eliminación del agua mediante la instalación de bombas y tuberías. Estas deben encontrarse en algún lugar accesible para bombear el agua. Una vez que el agua ha sido retirada, los equipos de salvamento muy probablemente enfrentarán la necesidad de retirar barro, escombros, etc. con la mano (pico y pala) y deberán reforzarse los soportes.

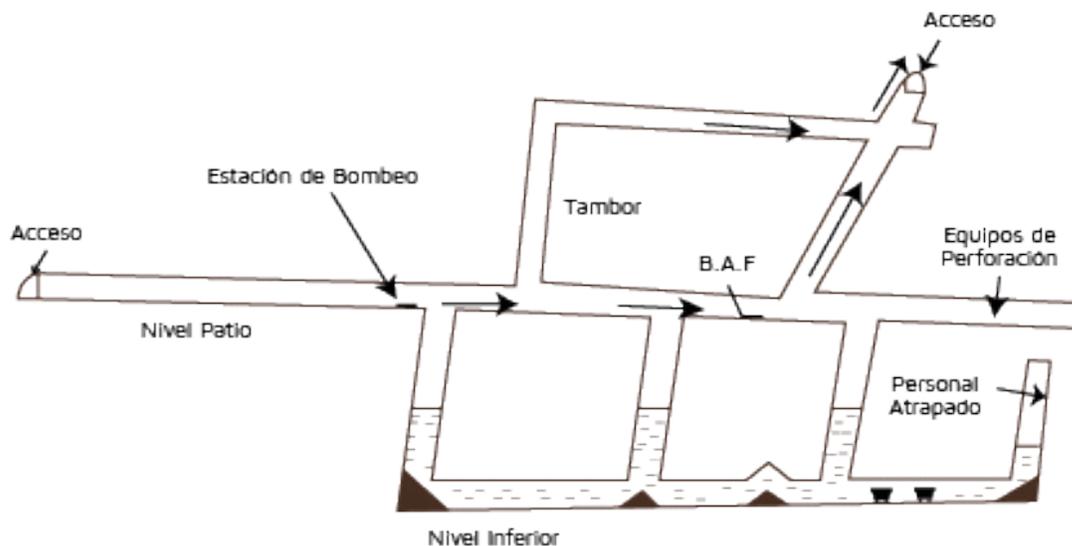
### PRINCIPIOS GENERALES

Adicionalmente a los principios fundamentales de toda acción de salvamento vistos en el caso de derrumbes, en las inundaciones deben tenerse en cuenta:

296

Después de realizar el reconocimiento de la zona inundada y verificar que como consecuencia de esta no se generan atmósferas irrespirables, las cuadrillas de socorredores podrán trabajar sin usar aparatos de respiración, al igual que mineros experimentados en estas labores y que no son socorredores, con el visto bueno del jefe de acción.

*Figura 13.4. Nivel de Aguas*



Según las circunstancias de cada ocasión, determinar la posibilidad de usar equipos o cuadrillas de buzos, los cuales tienen especiales normas de procedimiento.

Analizar continuamente el estado de ventilación en las zonas que no han sido inundadas y tomar todas las medidas necesarias para llevar aire fresco a las zonas donde puedan encontrarse las personas.

Los ventiladores principales deben trabajar continuamente y solo en caso de riesgo por grisú o incendios pueden apagarse.

En cada caso, lo más importante es suministrar aire al personal que puede estar atrapado, a través de las tuberías que existían o mediante sondas como en el caso de los derrumbes.

Si la situación especificada lo permite, se deben perforar barrenos de contacto o de evaluación, desde superficie o desde vías subterráneas.

Si las condiciones permiten a la gente atrapada sobrevivir por algún tiempo relativamente largo, la operación de rescate debe realizarse sin tomar ningún riesgo innecesario.

Si se confirma la presencia de sobrevivientes por algún medio, se deben realizar los trabajos necesarios para hacer llegar a ellos recipientes con medicamentos, bebidas, alimentos o aire.

Si se toma la decisión de hacer galerías de rescate, en lo posible deben ser a las anteriores, pero en terreno virgen y localizarse de tal forma que permita aprovechar las partes altas de las vías inundadas.

La Base de Aire Fresco (B.A.F) en el interior de la mina debe estar localizada en un sitio

donde exista corriente de aire respirable, lo más cerca posible del lugar donde se realizan los trabajos de rescate, y que no se vea afectado por una posible repetición de acceso abundante y repentino de agua.

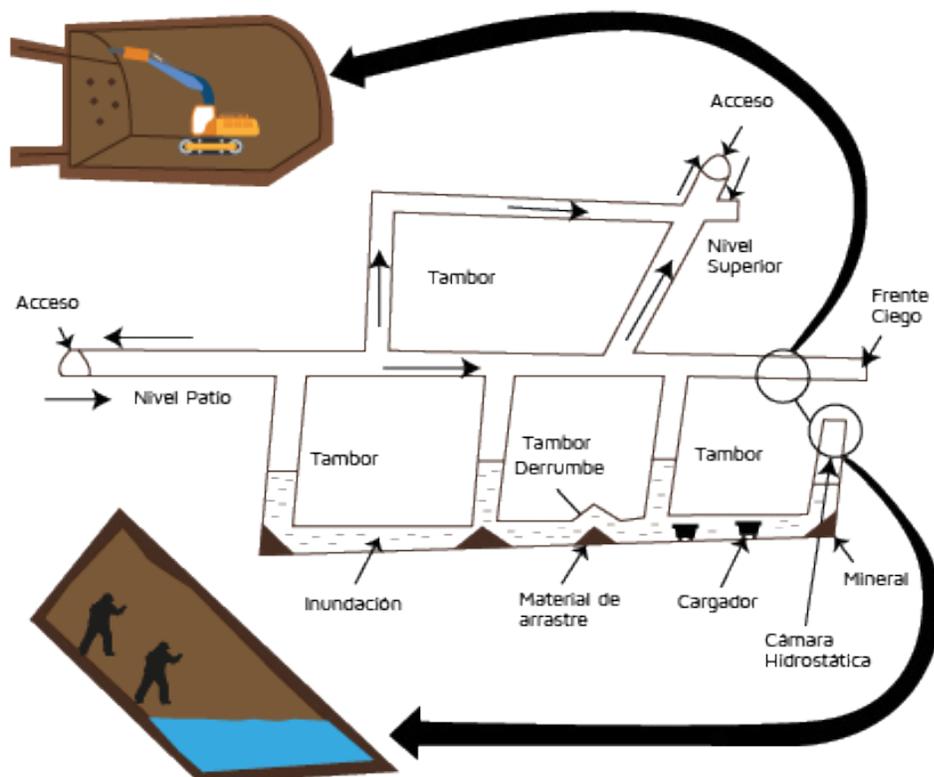
### 13.7.3. Rescate de personal en casos de inundación

Para el caso del rescate del personal atrapado se debe tener en cuenta las siguientes condiciones específicas:

Determinar el lugar desde el cual se tiene vía más corta de acceso, sin poner en peligro a los socorredores. Ver figura 13.5.

Definir lo antes posible si es indispensable hacer barrenos de contacto o galerías de rescate en un tiempo relativo más corto.

Figura 13.5. Ubicación de perforaciones



Al analizar la ubicación del personal atrapado, se debe considerar si los barrenos pueden producir la descompresión del lugar; si esto es así, subiría el nivel de agua y por consiguiente dicho personal parecería ahogado.

En el caso anterior, se debe procurar que al abrir el acceso al lugar donde permanece la gente, se mantenga la compresión reinante, o llegar a ellos después de extraer el agua.

Si las condiciones del terreno (dureza) y el sostenimiento lo permiten, usar equipos de buzos, los cuales pueden llevar aparatos adicionales y con estos rescatar al personal.

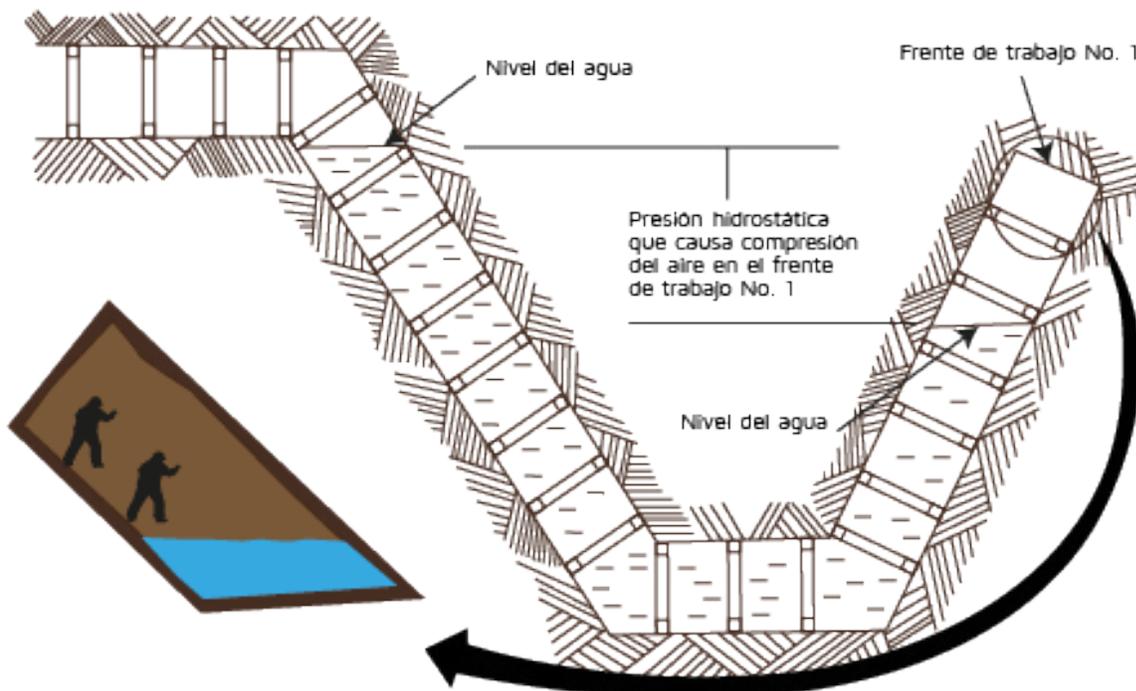
La forma más fácil de hacer el rescate, es eliminando los tapones de agua mediante el uso de bombas de extracción. Esto es aún más sencillo cuando los papones son muy grandes y la bomba tiene un rendimiento mayor al flujo que alimenta la inundación. En este momento también se puede realizar el avance con la vía más corta para el rescate del personal.

298

En cuanto sea posible, usar el mayor número de bombas en forma simultánea y de potencia adecuada.

El suministro de energía eléctrica a las bombas, debe hacerse observando al máximo todos los aspectos de seguridad, evitando riesgos de electrocución y cuidando de no producir chispas o incendios.

**Figura 13.6. Ubicación de personas atrapadas**



Las galerías de rescate se deben construir solo en caso de que otros métodos sean menos efectivos por cuestión de tiempo.

Las dimensiones de las galerías de rescate deben ser lo más pequeñas posibles, pero sin que obstruyan el avance de los socorredores.

Debe tenerse presente que los trabajos de perforación tienen el objeto de dar rápidamente una ayuda provisional a la gente atrapada, antes que una solución definitiva.

Como en toda acción de salvamento, se debe contar con los planos actualizados de la misma, de lo cual dependerá el éxito del rescate. De igual forma, los aparatos y equipos utilizados deben encontrarse en perfecto estado de funcionamiento.

### 13.7.4. MANIPULACIÓN DE CUERPOS DE VÍCTIMAS FATALES

Las siguientes precauciones son válidas para cualquier tipo de acciones de Salvamento Minero y otros incidentes.

Que debe observarse:

#### **Primera consideración:**

Note signos de cadáveres (si los hay), puertas arrancadas, fallas, fuegos y cualquier situación o condición anormal en las vías o en la maquinaria.

Anote la ubicación general de todos los cadáveres, y marque la posición de los mismos en el plano; marque también la posición en las paredes o en el techo, si allí aparecen.

Si es posible, identifique cada cuerpo con una tarjeta numerada, ejemplo:

Cuerpo No. 1: Quemaduras en la cara y manos, fractura en el cráneo, etc.

#### **Forma de hacer indicaciones en los planos:**

Si un cuerpo es encontrado boca-arriba o boca-abajo, así debe indicarse en el plano.

La posición de los cuerpos, u otros

elementos, es una buena indicación de la causa de la muerte y como fue producida.

En el anterior grafico se observa dentro del plano el lugar donde fue hallado el cuerpo, y en el recuadro, la posición exacta; la flecha indica que la avalancha lo lanzo hacia el fondo.

Si se realizan labores de inspección y se encuentran cuerpos muertos, estos deben dejarse en su sitio para las cuadrillas de rescate; y se las condiciones lo permiten, para ser recuperados y evacuados por personal sin aparatos de respiración.

### 13.7.5. ACCIONES DE SALVAMENTO EN CASOS DE INUNDACIÓN

1. Alista equipos y aparato.
2. Recibir instrucciones.
3. Ingresar a la mina.
4. Ubicar nivel (es) de inundación:

- Determine el origen de la inundación y el recorrido del agua.
- Determine orillas o niveles de inundación.
- Según el plano y las condiciones encontradas, ubique el sitio adecuado para la B.A.F y también otras posibles consecuencias que pueda generar la inundación.
- Si la cuadrilla es de inspección debe hacer un diagnóstico de la situación, reportarlo a superficie si hay comunicación y regresar.
- De acuerdo con el diagnostico reportar a la jefatura de la acción, esta ajustara con sus colaboradores el plan a seguir.
- Es esta y todas las acciones de salvamento se mantiene el poder del cuadrillero para tomar decisiones

importantes, las cuales deben ser informadas al jefe de la acción:

- Ordenar la suspensión de uso del aparato de respiración.
- Determinarla forma de evacuar el agua de la inundación.
- Rescatar personal
- Regresar a superficie con la cuadrilla sin realizar ningún trabajo.
- Otros

el cuadrillero de cada una de las cuadrillas que ingresaron a la mina y los recolectados por la BAF, como complemento y para tener en cuenta cada una de las ordenes impartidas a las cuadrillas y poder ver las decisiones que se tuvieron que tomar por los cuadrilleros en la ejecución de las actividades programadas.

También es necesario tener en cuenta todos los equipos utilizados dentro del desarrollo de la emergencia, además de los equipos que se pudieron rescatar también durante la emergencia.

### 5. Ejecutar la acción planeada:

En la mayoría de los casos esta operación la lleva a cabo la cuadrilla de rescate.

Según el plan elaborado para este caso de inundación, seleccione y distribuya los materiales y herramientas entre integrantes de la cuadrilla.

Diríjase al sitio del accidente en forma organizada.

Cuando pase a través de puertas de ventilación déjalas como están, a menos que tenga instrucciones diferentes.

Si una situación de emergencia requiere de alguna acción de superficie, comuníquela inmediatamente.

Coordine y dirija la instalación de bombas para iniciar la extracción de agua.

Si el rescate involucra personal atrapado, se debe analizar la posibilidad de bombear desde diferentes puntos en forma simultánea o con varias bombas en el mismo frente.

### 6. Elaborar informe

Para el informe es necesario mantener todos los datos registrados por

## TEST DE RETROALIMENTACION

1. Explique el origen posible de inundaciones en una mina subterránea.
2. ¿Cómo prever el riesgo por inundación en una mina subterránea?
3. Describa los posibles riesgos y peligros asociados a una acción de salvamento por inundación.
4. Describa el procedimiento necesario, en una acción de salvamento por inundaciones.
5. Como realizar un rescate de personal atrapado por inundaciones en mina subterránea.

CAPÍTULO

14

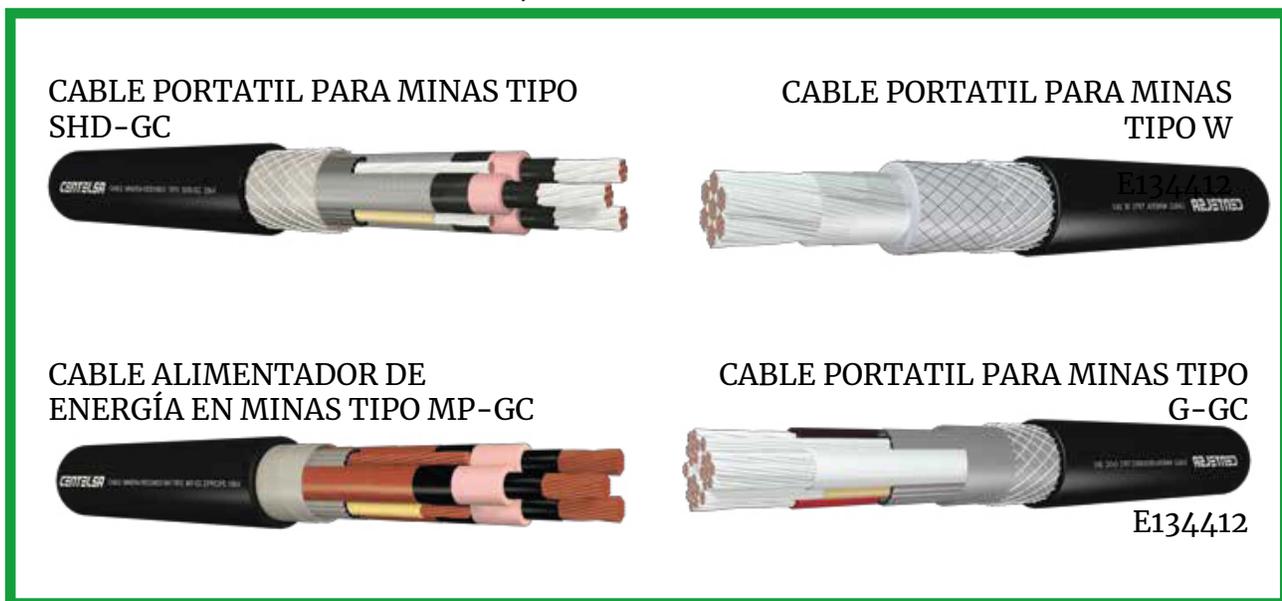
**ACCIDENTES  
ELECTROMECÁNICOS  
EN MINAS  
SUBTERRÁNEAS**

### 14.1 ORIGEN

La electricidad es una forma de energía. Al movimiento de cargas eléctricas a través de un medio conductor se conoce como corriente eléctrica y se manifiesta al poner en contacto dos elementos entre los cuales hay una diferencia de potencial o voltaje. El uso de la electricidad en las minas modernas es muy común y a menudo proporciona la fuente de energía más eficaz para la alimentación de los sistemas de ventilación, los sistemas de desagüe, el transporte de mineral y la producción (beneficio).

El riesgo eléctrico tiene su origen en el peligro de la energía eléctrica sin control, con potencial de daño para producir electrocución y quemaduras. Se localiza en el medio en que esta energía se trasmite o controla como pueden ser las instalaciones eléctricas, partes de las mismas, y cualquier dispositivo eléctrico bajo tensión, como tableros de control, interruptores, red eléctrica, motores de ventiladores, bombas, malacates, etc. Ver figura 14.1

*Figura 14.1. Cables eléctricos apropiados para minería. caja de conexiones sin protección adecuada, en una mina de santander.*



El riesgo mecánico, tiene su origen en el peligro de la energía de movimiento o mecánica implícita en las máquinas, herramientas, y materiales proyectados, sólidos o fluidos. Como bandas transportadoras, vagonetas, ventiladores, malacates, martillos picadores, palancas, tuberías de aire comprimido, aceite hidráulico, etc.

En caso de no ser controlado adecuadamente puede producir lesiones corporales tales como cortes, abrasiones, punciones, contusiones, golpes por objetos desprendidos o proyectados, atrapamientos, aplastamientos, quemaduras, etc. Ver figura 14.2

*Figura 14.2. Riesgo mecánico en mina, por coches en movimiento.*



A continuación, se incluyen algunas definiciones, necesarias para la mejor comprensión del tema relacionado con los riesgos electromecánicos.

#### **Cargado:**

El objeto ha adquirido una carga eléctrica, ya sea porque está energizado (conectado a una fuente de alimentación) o porque ha adquirido carga por otros medios tales como por carga estática, de inducción, o

capacitancia. Aun si está desconectado del resto del sistema eléctrico.

#### **Sin tensión:**

No eléctricamente “energizado” o “cargado”.

#### **Desconectado:**

Equipo (o parte de un sistema eléctrico) que no está conectado a ninguna fuente de energía eléctrica;

303

#### **Equipo:**

Equipo eléctrico, incluyendo cualquier cosa que se utilice o que se pretenda utilizar o instalar para usar, generar, ofrecer, conducir, transformar, rectificar, convertir, conducir, distribuir, controlar, almacenar, medir, o utilizar energía eléctrica;

#### **Alta tensión:**

Tensión por encima de los 1.000 voltios en corriente alterna o 1.500 voltios en corriente directa. Las tensiones inferiores a estos valores se consideran “baja tensión”.

#### **CD:**

Corriente directa. Es aquella cuyas cargas eléctricas o electrones fluyen siempre en el mismo sentido en un circuito eléctrico cerrado, moviéndose del polo negativo hacia el polo positivo de una fuente de fuerza electromotriz (FEM), tal como ocurre en las baterías, las dinamos o en cualquier otra fuente generadora de ese tipo de corriente eléctrica.

#### **CA:**

Corriente alterna, Es un tipo de corriente

el'ctrica, en la que la direcci3n del flujo de electrones va y viene a intervalos regulares o en ciclos. La corriente que fluye por las l'neas el'ctricas y la electricidad disponible normalmente en las casas procedente de los enchufes de la pared es corriente alterna.

**Aislado:**

Equipo (o parte de un sistema el'ctrico) que se desconecta y se separa por una distancia de seguridad (aislamiento) de todas las fuentes de energ'ia el'ctrica de tal manera que la desconexi3n se pueda realizar de forma segura, es decir, sin volverse a cargar de forma accidental o involuntaria; se debe tener en cuenta que un sistema aislado puede tener bater'ias o condensadores que se deben descargar completamente.

**Energizado:**

Equipo que tiene una tensi3n espec'fica por estar conectado a una fuente de electricidad. Las piezas energizadas que no est'en aisladas y est'an expuestas de tal forma que puedan ser tocadas directa o indirectamente por un objeto o parte del cuerpo son peligrosas si la tensi3n es superior a 50 V CA o 120 V CD en condiciones secas y/o si la energ'ia de falla es alta;

**Trabajo en tensi3n:**

Trabajo en o cerca de conductores que sean accesibles y est'en "energizados" o "cargados". Los trabajos en tensi3n incluyen pruebas en tensi3n, tales como el uso de un instrumento de prueba para medir la tensi3n en un sistema energizado de distribuci3n de energ'ia o de control.

**Seguridad intr'nsica:**

Una t'cnica de dise'no aplicada a los dispositivos el'ctricos y el cableado para lugares peligrosos. La t'cnica se basa en la

limitaci3n de la energ'ia el'ctrica y t'rmica a un nivel por debajo del requerido para encender una mezcla atmosf'rica peligrosa espec'fica, casi siempre el metano en el aire.

**A prueba de explosiones:**

Equipo para evitar que los dispositivos de alta tensi3n y alto amperaje produzcan una fuente de ignici3n. Una carcasa pesada rodea los componentes que puedan producir chispas de modo que, si entra vapor o gas y se encienden, la explosi3n se contiene en el interior de la carcasa.

**Instrucciones de trabajo planificadas:**

Un proceso que permite la identificaci3n de los riesgos asociados con el trabajo el'ctrico y la implementaci3n de controles para minimizar el riesgo a un nivel aceptable mediante la aplicaci3n de m'todos documentados.

**Permiso de trabajo:**

Se realiza para trabajos de alto riesgo. Es una autorizaci3n y aprobaci3n por escrito que especifica la ubicaci3n y el tipo de trabajo que se va a realizar. Adem'as, los permisos certifican que los peligros han sido evaluados por personas capacitadas y que se han tomado las medidas de protecci3n necesarias para que el trabajador que los realice no sufra ning'un accidente de trabajo.

**Puesta a tierra:**

Significa conectar de forma temporal conductores de potencia sin tensi3n a la "tierra" en caso de que los conductores se conecten por error. Esto garantiza que los socorredores no se electrocuten y que el equipo el'ctrico en el que se est' trabajando no se conecte de forma accidental.

**Alta Energía Eléctrica:**

Energía almacenada de más de 1.500 voltios.

**Alta Potencia de Falla:**

Fase a tierra o fase a fase. Cualquier corriente eléctrica anormal, tal como un corto circuito, que no pasa por la carga normal. En la falla de fase a tierra, la corriente fluye a tierra. En una falla de fase a fase, se produce una corriente extremadamente alta, restringida solamente por la resistencia del circuito y la energía total contenida dentro del circuito.

**Accidente minero mecánico:**

Evento o suceso repentino que ocurre por el manejo de herramientas manuales, liberación inesperada de cargas, máquinas con sus componentes y accesorios utilizados para el transporte, ventilación, desagüe, iluminación y demás servicios de operación minera.

305

**Dispositivo de protección:**

Medio de protección diferente a un resguardo.

**Resguardo de seguridad:**

Mecanismo o dispositivo de seguridad.

**Medidas de diseño inherentemente seguro:**

Dispositivos de protección incorporados a un dispositivo mecánico.

**Resguardo:**

Barrera física entre el minero y el dispositivo mecánico (puede ser permanente o temporal).

**Zona de peligro (o roja):**

Cualquier espacio, al interior o alrededor del dispositivo mecánico, en el que un minero está expuesto a un peligro.

## 14.2 ACCIDENTES ELÉCTRICOS

En la electrocución, el paso de corriente eléctrica a través del cuerpo, puede hacer que se detenga su respiración y los latidos del corazón (paro cardíaco). La corriente eléctrica también puede causar quemaduras tanto por donde entra como por donde sale del cuerpo

para ir a “tierra”. Una quemadura eléctrica puede parecer muy pequeña o no ser visible en la piel; pero el daño que provocan las quemaduras puede extenderse profundamente entre los tejidos.

Figura 14.3. Recorrido electricidad durante electrocución



El minero, que entra en contacto con un circuito eléctrico, puede quedar unido con el objeto de contacto y no logra soltarlo, de tal forma que puede permanecer cargado eléctricamente (“energizado”). Hay que tener en cuenta que la sacudida de la corriente, puede empujar a la víctima y hacer que caiga, lo que puede resultar en lesiones y muerte.

### Precaución en un accidente eléctrico

- No tocar a la víctima si está en contacto con la corriente eléctrica (ser consciente del peligro de arco).
- No utilizar ningún objeto metálico para romper el contacto eléctrico.
- No acercarse a los cables de alta tensión hasta que se apague la fuente de electricidad.
- No mover a un minero con una lesión eléctrica a menos que esté en peligro inmediato y ya no está en contacto con la fuente de electricidad.
- Si el minero no responde, y es seguro tocarlo, abrir la vía aérea y comprobar la respiración y el pulso.

- Seguir los procedimientos de primeros auxilios para estabilizar y transportar a la víctima. Llamar para recibir asistencia médica.

### Corriente de alta tensión

El contacto con una corriente de alta tensión que se encuentra bajo tierra (a más de 1.000 voltios) es por lo general inmediatamente fatal. Cualquier minero que sobreviva tendrá quemaduras graves, ya que la temperatura de la electricidad puede alcanzar hasta los 5.000 grados centígrados.

Se debe mantener una distancia de seguridad con respecto a los conductores expuestos de alta tensión y a cualquier parte del cuerpo si no se está seguro de que estén libres de tensión.

307

### Corriente de baja tensión

La corriente de baja tensión 120 o 220 voltios, puede causar lesiones graves o incluso la muerte. Los incidentes son por lo general provocados por un equipo defectuoso.

*Tabla 14.1. Niveles de tensión establecidos por el retie, norma ntc 1340*

NIVELES DE TENSIÓN ESTABLECIDOS POR EL RETIE, NORMA NTC 1340	
Extra alta tensión (EAT)	>230KV
Alta tensión (AT)	57.5 KV < V ≤ 230KV
Media tensión (MT)	1000V < V ≤ 57500 V
Baja tensión (BT)	25 V < V ≤ 1000V
Muy baja tensión (NBT)	V <25 V

## 14.3 ACCIDENTES MECÁNICOS

Como los accidentes mecánicos se producen, al entrar en contacto con las energías de las herramientas, equipos y máquinas; entonces al aislar las fuentes de energía, el riesgo de accidente disminuye notablemente.

Los dispositivos mecánicos deben estar diseñados para ser utilizados con seguridad en un entorno subterráneo y pasar por una evaluación de riesgos antes de ser instalados. Si este no es el caso, entonces se debe de controlar el riesgo mediante el uso de resguardos, que son elementos de barrera utilizados en las máquinas, para evitar el contacto de los trabajadores con la fuente de peligro. Figura 14.4

Figura 14.4. Resguardo fijo en tambor de malacate y resguardo móvil en motosierra



Los resguardos deben diseñarse y fabricarse teniendo en cuenta los siguientes principios:

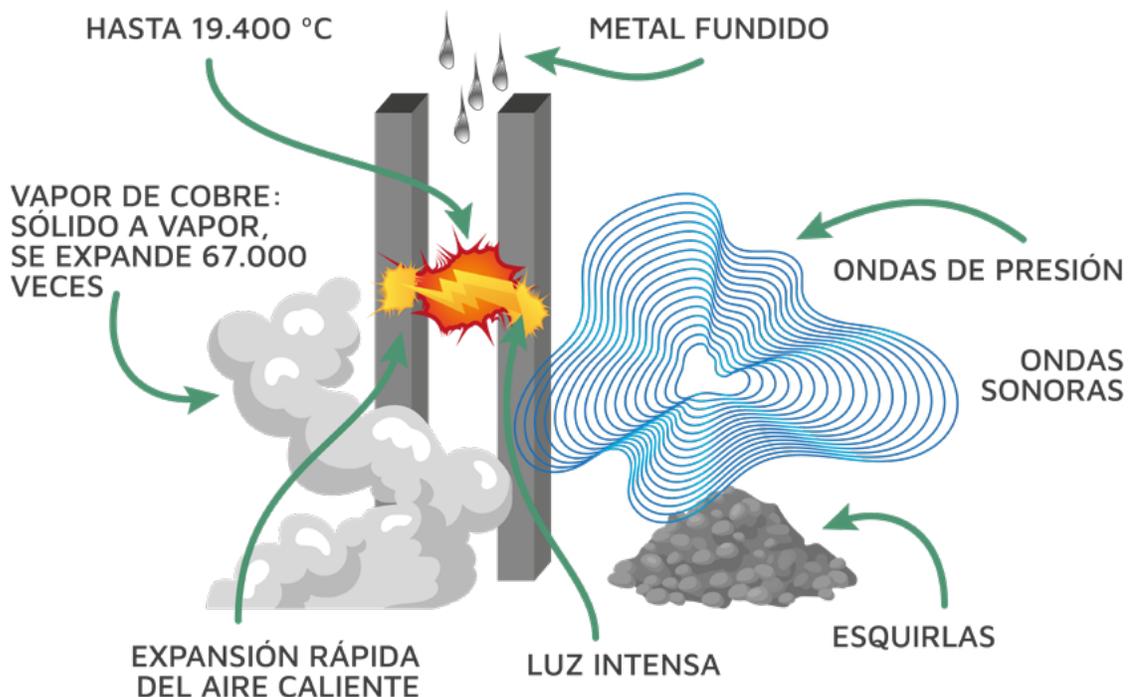
- No debe introducir peligros adicionales como riesgo de cortes, atrapamiento o aplastamiento.
- No debe dificultar la operación de la máquina por el operario.
- Los resguardos removibles, previstos para procedimientos de mantenimiento, deben tener dimensiones, peso y manejabilidad adecuados para este propósito.
- En tanto sea posible, los resguardos deberían tener interconexión con el suministro de potencia a la máquina, para que no sea posible operarla cuando el resguardo no está instalado y lo está inapropiadamente.
- Deben tener en consideración los efectos ambientales a que pueden verse sometidos tales como humedad, polvo, impacto de materiales, etc.
- Debe operar adecuadamente aun cuando el equipo sea operado de forma incorrecta o en un propósito diferente al previsto.
- Deben permitir la visibilidad adecuada para la correcta operación del equipo.
- Deben permitir la inspección del equipo para mantenimientos preventivos.
- No deben obstruir la detección de las fallas eventuales que puedan presentarse.
- Debe ser tan transparente como sea posible, elaborado en malla o material perforado.
- El color debe mejorar el contraste para ver a través de él; debería ser de color más oscuro que el equipo. Los equipos móviles deben contar con un resguardo que permita asegurarlos para evitar su desplazamiento involuntario por accionamiento accidental.

## 14.4 PELIGROS Y RIESGOS

La electricidad puede matar o herir gravemente a los mineros (por descarga eléctrica o electrocución y quemaduras) y causar daños a la propiedad por los efectos de incendio, arco eléctrico y explosiones.

Los arcos eléctricos, resultantes de un corto circuito causado por fallas del equipo o prácticas de trabajo inseguras, pueden generar un calor intenso, la expulsión explosiva de plasma o radiación, que provoca heridas profundas y de cicatrización lenta, incluso si dura poco tiempo. La intensa radiación ultravioleta de un arco eléctrico puede causar daño a los ojos. Figura 14.5

*Figura 14.5. Explosión por arco eléctrico*



Otro peligro, es aquél provocado por la vaporización de las herramientas de trabajo o equipos durante la formación de arco eléctrico. La consecuencia de esto es que el minero en shock inhala este vapor muy caliente en sus vías aéreas y pulmones, el cual provoca graves daños a estos órganos vitales.

La mayoría de los accidentes eléctricos se deben a que los mineros están trabajando cerca de, o con un equipo que no está adecuadamente protegido del daño físico (por ejemplo, cableado), o que no está correctamente bloqueado y se vuelve a energizar o por desconocimiento o falta de los equipos para determinar la presencia de una corriente eléctrica.

La formación de arcos, el sobrecalentamiento y, en algunos casos, las corrientes de fuga eléctricas, pueden provocar un incendio o una explosión mediante la ignición de materiales inflamables, gases y vapores. Esto puede causar la muerte, lesiones y pérdidas económicas considerables.

El riesgo de contacto directo eléctrico se da en un trabajador minero, al existir la posibilidad de tocar intencional o accidentalmente partes activas de las redes y equipos.

El riesgo indirecto se presenta cuando el trabajador minero tiene la posibilidad de tocar una parte metálica o de material conductor que habitualmente no está energizada, pero que, como consecuencia de un fallo en los conductores activos o en su aislamiento, es puesta en tensión. Figura 14.6.

Figura 14.6. Diferencia contacto directo y contacto indirecto



En el caso de los riesgos mecánicos, estos son tan variables como lo son las máquinas y equipos, puesto que depende del diseño propio de las mismas. Para su análisis se suelen clasificar según, presenta la acumulación de energía:

- Cinética, si el mecanismo es de movimiento, sobrepresión de equipos como muelles o resortes, contenedores como tubería de alta presión, efectos por depresión y mecanismos neumáticos;
- Elementos cortantes.
- Potencial por caída de objetos, de los mecanismos o minerales;
- Por manipulación de piezas y materiales;
- Manejo de herramientas manuales, proyección de rocas.

Los peligros de equipos mecánicos que pueden representar un riesgo bajo tierra son:

- Elementos móviles (máquinas o partes mecánicas).

Peligros relacionados con componentes y herramientas:

- Componentes o herramientas móviles
- Ubicación relativa de los componentes y herramientas móviles respecto a los mineros.
- Contacto durante la operación (herramientas, maquinaria, bandas transportadoras, presión del aire, etc.).
- Diseño, reparaciones, modificaciones o mantenimiento deficientes, creando un riesgo de rotura.
- Forma peligrosa (cortante, puntiaguda, acabado irregular).

Los daños mecánicos a los mineros pueden ser:

- Lesiones por aplastamiento (tratamiento especial debido a la potencial ubicación remota y dificultades de transporte).
- Atrapamiento en un dispositivo mecánico.
- Lesiones por inyección a presión.
- Lesiones oculares.
- Heridas o abrasiones o quemaduras.
- Pérdida de extremidades.
- Muerte.

Peligros relacionados con materiales, productos y contaminantes utilizados por los dispositivos mecánicos.

- Material oxidante o explosivo.
- Gases o fluidos presurizados, etc.
- Partículas o esquirlas proyectadas.

## 14.5 MEDIDAS DE PREVENCIÓN

### 14.5.1. POR RIESGO ELÉCTRICO

Dos aspectos en la prevención de accidentes por causa eléctrico mecánico son importantes a considerar. Primero, el cómo están conformadas las redes y conexiones, y segundo durante las acciones para controlar el riesgo.

Para el primero, todos los sistemas eléctricos instalados en las minas deben cumplir con el Decreto 1886 (el Título VII establece las normas generales para la construcción,

operación y mantenimiento de instalaciones eléctricas en minas y equipos a prueba de explosiones).

Las instalaciones eléctricas deben hacerse con los requerimientos de protección y seguridad, descrito en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, en particular los artículos 29 y 30 que establecen las condiciones técnicas generales de las instalaciones eléctricas en minas subterráneas y el artículo 32 que establece la condición de certificación de los equipos que han de ser usados en ambientes potencialmente explosivos.

También deben seguir la reglamentación establecida de forma general en la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 que constituye el Código Eléctrico Colombiano CEC, en cuanto a las reglas generales sobre instalaciones en superficie. En la sección 504 del CEC. Se describen las características de algunos equipos y circuitos de seguridad intrínseca, así como los equipos a prueba de explosiones.

Todos los equipos utilizados y suministrado por el Sistema Nacional de Salvamento Minero de la ANM en la atención de una emergencia minera en una mina deben cumplir con el Decreto 1886/2015 y las normas anteriormente mencionadas. Figura 14.7

Figura 14.7. Ejemplo equipos anti explosión usados por la ANM



#### 14.5.1.1. ACCIONES PARA CONTROLAR EL RIESGO ELÉCTRICO:

- Los Administradores de la Mina deben establecer un sistema de normas y procedimientos para garantizar que cada vez que se deban realizar trabajos eléctricos, cualquier persona (incluyendo a los contratistas) tenga acceso a tales normas y procedimientos y los puedan seguir. Estas normas y procedimientos deben estar documentados y deben incluir: desconexión de la fuente de energía, aislamiento de la energía (proporcionar cerrojos y avisos), trabajar solo en equipos sin tensión, exigencia de pruebas y autorizaciones firmadas, antes de la conexión, métodos de conexión a tierra.
- Antes de comenzar el trabajo en o cerca de equipos eléctricos en una mina, se debe llevar a cabo una evaluación de riesgo para proteger a los socorredores y a los mineros, y si se requiere, se puede instaurar un sistema de permiso de trabajo.
- No se permiten trabajos en tensión en equipos a prueba de explosiones o en sus

alrededores. Se debe tener en cuenta que las pruebas se permiten si el equipo a prueba de explosiones se retira al aire fresco o si las pruebas se realizan fuera de la mina. Este tipo de trabajo no corresponde al personal de Salvamento Minero.

- Los equipos eléctricos para uso en minas subterráneas deben ser diseñados y seleccionados con el fin de que incluyan las funciones de seguridad descritas más adelante, algunas de las cuales son obligatorias en virtud del Decreto 1886 de 2015.
- Cuando se vayan a hacer reparaciones de máquinas o instalaciones eléctricas en las redes o cerca de ellas, se debe desconectar la corriente en el interruptor; si hay fusibles, se deben retirar y cerrar la tapa de los mismos con candado seguro y únicamente se accionará el interruptor después de que se haya terminado completamente la reparación. Es indispensable verificar que no haya tensión eléctrica en el sitio de trabajo y colocar polos a tierra. Se deben utilizar tarjetas de control (registros de mantenimiento)” (Artículo 175 del Decreto 1886 de 2015).
- Desde la perspectiva técnica y dentro

de la competencia directa de quienes llevan a cabo, las instalaciones, corresponde la implementación de las medidas preventivas contra contactos directos que se describen a continuación.

1. Alejamiento de las partes activas de la instalación.
2. Interposición de obstáculos.
3. Recubrimiento de las partes activas de la instalación.
4. Medidas complementarias.
5. Contactos directos Protección.

- No se debe permitir que personas no capacitadas trabajen en equipos o sistemas eléctricos.
- Las personas involucradas en el trabajo eléctrico deben ser competentes para hacerlo. Deben tener conocimientos y experiencia en el sistema eléctrico en el que se trabajará
- En las instalaciones eléctricas, siempre hay que estar prevenido ante cualquier posible accidente, por ello se hace necesario, conocer la existencia del procedimiento y su aplicación, para redes des energizadas, llamadas reglas de oro de la electricidad, que hacen parte del RETIE, en su artículo 18.1. figura 18.8.

**Figura 14.8. Reglas de oro de la electricidad**

**1. ABRIR**  
CORTE VISIBLE O EFECTIVO

**2. BLOQUEAR**  
ENCLAVAMIENTO O BLOQUEO SI ES POSIBLE Y SEÑALIZACIÓN

**3. VERIFICAR**  
VERIFICACIÓN DE AUSENCIA DE TENSION

**4. ATERRAR**  
PUESTA A TIERRA Y EN CORTOCIRCUITO

**5. DELIMITAR**  
SEÑALIZACIÓN Y DELIMITACIÓN



### Las reglas de oro, son:

Un procedimiento para trabajar sin tensión en instalaciones eléctricas. El cumplimiento estricto de estas cinco reglas garantiza la seguridad en los trabajos en instalaciones eléctricas.

Generalmente, se dice que una instalación está aterrizada y se ha creado una zona de trabajo, cuando para un trabajo específico definido, se ha garantizado el cumplimiento de las 5 reglas de oro.

La zona de trabajo debe ser creada por personal con conocimientos y experiencia en trabajos eléctricos.

Para garantizar la seguridad del trabajador,

en ningún caso el mismo operario debe alternar trabajos en tensión con trabajos en redes desenergizadas.

### **1. Desconexión, corte visible**

Antes de iniciar cualquier trabajo eléctrico sin tensión debemos desconectar todas las posibles alimentaciones a la línea o máquina eléctrica. Prestaremos especial atención a la alimentación a través de generadores, sistemas de alimentación interrumpida, baterías de condensadores, etc.

Consideraremos que el corte ha sido bueno cuando podamos ver por nosotros mismos los contactos abiertos y con espacio suficiente como para asegurar el aislamiento. Esto es el corte visible.

Como en los equipos modernos no es posible ver directamente los contactos, los fabricantes incorporan indicadores de la posición de los mismos. Si la está debidamente homologada, tenemos la garantía de que el corte se ha realizado en condiciones de seguridad. Esto es el corte efectivo.

Los puntos donde se ejecuta el corte efectivo suelen denominarse puntos de aislamiento.

### **2. Condenación enclavamiento o bloqueo y señalización**

Impedir la maniobra de los aparatos, manteniéndolo en una posición determinada. Esto con la señalización adecuada.

Se debe prevenir cualquier posible reconexión, utilizando para ello medios mecánicos (por ejemplo, candados). Para enclavar los dispositivos de mando no se

deben emplear medios fácilmente anulables, tales como cinta aislante y similar.

Cuando los dispositivos sean telemandados, se debe anular el telemando eliminando la alimentación eléctrica del circuito de maniobra.

En los dispositivos de mando enclavados se señalará claramente que se están realizando trabajos.

Además, es conveniente advertir a otros compañeros que se ha realizado el corte y el dispositivo está enclavado.

### **3. Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases**

Con un detector de tensión que sea probado antes y después. Porque la electricidad no huele ni se ve, solo se detecta con instrumentos adecuados y en buenas condiciones.

En los trabajos eléctricos debe existir la premisa, los elementos que puedan estar en tensión, efectivamente lo estarán, hasta que se demuestre lo contrario.

Haber realizado los pasos anteriores, no garantiza aún, la ausencia de tensión.

La verificación de ausencia de tensión se debe realizar en cada una de las fases, o cables de alimentación y en el conductor neutro.

### **4. Puesta a tierra y en cortocircuito**

Todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo, se deben unir entre sí todas las fases o cableado de una instalación, mediante un cable puente de sección adecuada, que previamente ha sido conectado a tierra.

En caso en que la línea o equipo volviese a poner en tensión, ya sea por un accidente por fallo de aislamiento o retroalimentación o descarga atmosférica (rayo), se producirá un cortocircuito y la corriente tomará tierra, quedando sin peligro la parre de trabajo.

Las conexiones deben estar bien aseguradas y no tener la posibilidad remota de soltarse, por cuanto el cortocircuito genera importante esfuerzo electrodinámico.

Primero se deben conectar las líneas entre sí para luego conectar a tierra. Estas conexiones han de ser visibles desde la zona de trabajo.

Es recomendable poner cuatro juegos de cortocircuito y puesta a tierra, uno al comienzo y al final del tramo que se deja sin servicio, y los otros dos cercando la zona de trabajo.

## 5. Señalizar y delimitar la zona de trabajo

El área de trabajo debe ser delimitada por vallas, manilas o bandas reflectivas. y demás señales luminosas.

El funcionamiento de los detectores de tensión debe comprobarse antes y después de verificar ausencia de tensión con una fuente cercana, o si el dispositivo dispone de él, con el pulsador de prueba.

### • Reposición de la tensión

Una vez finalizados los trabajos, se retirará a todo el personal y las herramientas que no fuesen indispensables para el restablecimiento de la tensión. Sólo entonces se normalizará la instalación, y siempre en el siguiente orden:

- Retirada de la señalización de los límites de la zona de trabajo.
- Retirada de los dispositivos de puesta

a tierra y en cortocircuito.

- Desbloqueo y retirada de la señalización en los elementos de corte.
- Cierre de los circuitos para reponer el servicio.

Cuando se ha de realizar una intervención electromecánica, es necesario considerar los riesgos asociados al medio, por ser zonas en donde se produce o puede producirse gases explosivos.

Los equipos mineros han de ser protegidos de golpes y de humedad, al igual que el cableado, ya que puede estropearse la seguridad con que fueron diseñados y construidos. Y al volver a trabajo, hacerlo en condiciones de inseguridad.

### • Señalización

Siempre es un elemento imprescindible para evitar accidentes durante las acciones. Tiene como objetivo, transmitir mensajes de prevención, prohibición o información en forma clara, precisa y de fácil entendimiento para todos, en una zona en la que se ejecutan trabajos eléctricos que entrañen un peligro potencial.

Figura 14.9. Clasificación y colores de las señales de seguridad.

COLOS DE SEGURIDAD	COLOS DE CONTRASTE	COLOS DE SÍMBOLO	FORMA GEOMETRICA	SIGNIFICADO
ROJO	BLANCO	NEGRO		PROHIBICIÓN
AMARILLO	NEGRO	NEGRO		ADVERTENCIA DE PELIGRO
VERDE	BLANCO	BLANCO		SALVAMENTO INDICACION, OTRAS
AZUL	BLANCO	BLANCO		OBLIGACIÓN

Fuente: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas

Las señales de seguridad según su tipo se clasifican en: de advertencia o precaución, de prohibición, de obligación, de información y de salvamento o socorro. Se puede consultar el artículo 6 del RETIE y normas NTC 1461, sobre señalización en higiene y seguridad.

Figura 14.10. Señal universal de riesgo eléctrico



Si no se pueden reducir los riesgos relacionados con los peligros mecánicos a través del diseño, entonces estos peligros han de ser aislados de los mineros, mediante la introducción de zonas para garantizar distanciamiento entre estos y la zona de peligro (ejemplo, malla que separa el transporte por banda en una galería, con tránsito de personal). Para que los resguardos sean efectivos, han de diseñarse de manera que, por ningún motivo, voluntario o involuntario, el minero no tenga contacto con la fuente de peligro. Siempre ha de señalizarse el riesgo. Figura 14.11



### 14.5.2.1 Acciones para controlar el riesgo mecánico.

Los dispositivos mecánicos deben estar diseñados para ser utilizados con seguridad en un entorno subterráneo. Todos los dispositivos mecánicos deben pasar por una evaluación de riesgos antes de ser instalados y operados en un entorno minero. A continuación, se mencionan algunos de los procedimientos normales de mitigación de peligros para máquinas fijas, móviles y a presión que se deben considerar:

#### Resguardos

Los equipos móviles deben contar con un resguardo que permita asegurarlos para evitar su desplazamiento involuntario por accionamiento accidental de los controles o por efectos de la fuerza de gravedad en una pendiente.

Hay dos tipos de resguardos:

#### 1. Resguardos fijos

Para cerrar, crear una distancia entre los mineros y los dispositivos mecánicos y para evitar el contacto.

Un resguardo fijo (protector permanente) solo puede removerse con la asistencia de una herramienta o no puede removerse. Un resguardo fijo de cerramiento protege el

acceso a la zona de peligro desde todas las direcciones. Un resguardo fijo a distancia no encierra el dispositivo mecánico, pero evita acceder al mismo debido a sus dimensiones y a la distancia de la zona de peligro. Un resguardo de contacto se coloca cerca de un punto de contacto móvil para evitar el acceso a la parte móvil (como los rodillos de una banda transportadora) y la zona de peligro.

#### 2. Resguardos móviles

Interconectados, con energía eléctrica, automáticos. Los resguardos móviles se deben instalar donde su remoción o movimiento temporal sea esencial para la operación del dispositivo mecánico o para la operación de la mina.

#### Otros principios

Todos los dispositivos mecánicos deben recibir mantenimiento según lo requerido por el fabricante para controlar el riesgo de calor, ruido y vibración.

Todos los dispositivos mecánicos (incluyendo bandas transportadoras) deben ser inspeccionados regularmente para eliminar el riesgo de fricción e incendio. Todos los derrames de materiales (sólidos o líquidos) deben ser eliminados tan pronto como sea posible y es imperativo ubicar su causa y

realizar las reparaciones necesarias para eliminarlo.

La mejor manera de eliminar los peligros y riesgos de los problemas mecánicos es asegurando la implementación de altos estándares y un buen mantenimiento por parte de los operarios y mineros.

#### • **Dispositivos mecánicos móviles**

Siempre que un dispositivo mecánico esté diseñado para moverse, tal como un vehículo de producción o transporte, se debe controlar la interacción entre el dispositivo, el operario y otros mineros.

El operador de la mina debe realizar una evaluación de los riesgos y describir las medidas de control requeridas para minimizar el riesgo para los mineros. En todo momento, el operario de un dispositivo mecánico debe saber la posición de todos los mineros en la zona “roja” de peligro, y debe tener conocimiento de la ubicación de todos los mineros en la zona alrededor del dispositivo mecánico. Los mineros en la zona de peligro deben ser conscientes de su posición y asegurarse de que el operario del dispositivo mecánico conoce y reconoce su posición.

#### • **Dispositivos de presión (aire comprimido, hidráulicos con aceite o agua).**

Las medidas de control para minimizar el riesgo de aire comprimido se basan en el aislamiento, incluyendo el bloqueo de la red en el sitio, para garantizar que la energía almacenada (presión) se disipe antes de comenzar cualquier intervención en la red misma o en los equipos conectados. Los equipos de la mina pueden utilizar presiones muy

altas (de hasta 300 bar) en sistemas hidráulicos de los equipos mecánicos. Si hay una fuga en un sistema de alta presión, el chorro o fluido puede cortar la piel u otros materiales. Es importante confirmar, mediante una válvula abierta o puerto de acceso, que toda la presión se ha liberado antes de remover cualquier junta o hacer cualquier cambio.

#### • **Señalización**

Un elemento fundamental en el control del riesgo mecánico es la advertencia al minero sobre la presencia del riesgo.

El objetivo de las señales de seguridad es transmitir mensajes de prevención, prohibición o información en forma clara, precisa y de fácil entendimiento para todos, en una zona en la que se presenten riesgos mecánicos o en zonas de operación de máquinas, equipos o instalaciones que entrañen un peligro potencial. Las señales de seguridad no eliminan por sí mismas el peligro, pero dan advertencias o directrices que permitan aplicar las medidas adecuadas para prevención de accidentes.

### **14.6 ATENCIÓN DE UNA EMERGENCIA CAUSADA POR ACCIDENTES ELECTROMECÁNICOS**

Cualquier cambio en un sistema eléctrico dentro de una mina que sea contemplado por Salvamento Minero durante un incidente, debe basarse en el riesgo y solo debe aplicarse para salvar o proteger la vida.

Si falla el sistema de distribución eléctrico, es posible que la mina falle también los sistemas de ventilación y desagüe, y

máquinas y equipos queden energizados, constituyendo una fuente de riesgo mecánico, o se vayan deteriorado de forma significativa. Y el socorredor se expone a nuevos riesgos derivados, como es la acumulación de gases nocivos, explosivos o deficiencia de oxígeno.

Al restaurar el suministro eléctrico, es fundamental asegurarse de haber controlado los riesgos que representan, la acumulación de gases inflamables o explosivos con una fuente de ignición causada por la electricidad, o no haga presencia energías acumulativas de riesgo mecánico.

Todo equipo de salvamento, que interviene en una mina, debe tener en cuenta, si existe una atmosfera explosiva o está aumentando la concentración de gases inflamables y si existe el riesgo de inflamación al restituir la corriente eléctrica.

De manera similar, los niveles de agua pueden subir y sumergir los dispositivos eléctricos constituyendo un riesgo adicional, o interferir con la circulación del aire de ventilación, permitiendo una acumulación de gases explosivos. Es probable que el equipo de salvamento tenga que trabajar en el agua y aumenta esto el riesgo de electrocución por la presencia de electricidad.

### **Cómo romper el contacto con la electricidad**

- Antes de comenzar cualquier tratamiento, hay que observar antes de tocar. Si la víctima todavía está en contacto con la fuente eléctrica, estará 'energizada' y el socorredor estará expuesto al riesgo de electrocución.
- Se debe apagar y aislar el origen de la electricidad y si es posible romper el contacto entre la víctima y el suministro

eléctrico.

**En un caso de baja tensión (no asumir que un conductor es de baja tensión;** verificar con un comprobador), se debe mover la fuente lejos de la víctima y el socorredor. Para hacerlo, hay que ponerse de pie sobre algún material aislante seco, como una caja de madera o una alfombra de plástico y se debe usar un palo de madera seco o algo similar para alejar las extremidades de la víctima de la fuente eléctrica o para alejar la fuente de la víctima.

- Si no es posible romper el contacto utilizando un objeto de madera, se debe amarrar un trozo de cuerda alrededor del tobillo de la víctima o debajo de los brazos, teniendo cuidado de no tocarlos, y jalar para alejarla de la fuente de la corriente eléctrica. El socorredor deberá protegerse utilizando materiales aislantes, tales como madera, goma, etc.
- Se debe tener en cuenta las posibles caídas o despedidas del accidentado al cortar la corriente, poniendo mantas, abrigos, almohadas, etc. Para disminuir el efecto traumático.
- Si la ropa del accidentado ardiera, se apagaría mediante sofocación (echando encima mantas, prendas de lana, nunca acrílicas), o bien le haríamos rodar por la superficie.
- Nunca se utilizará agua.
- Una vez se verifique que se ha roto el contacto entre la víctima y la electricidad, se debe llevar a cabo una evaluación preliminar y tratar las lesiones en orden de prioridad.

Figura 14.12. Cómo liberar a un atrapado por la corriente Instrucciones de trabajo planificadas



Para trabajar en equipos con tensión (energizados), el diagrama de flujo y la discusión explican las prácticas aceptadas para garantizar que los trabajos se realicen de forma segura y bajo la supervisión de una persona calificada.

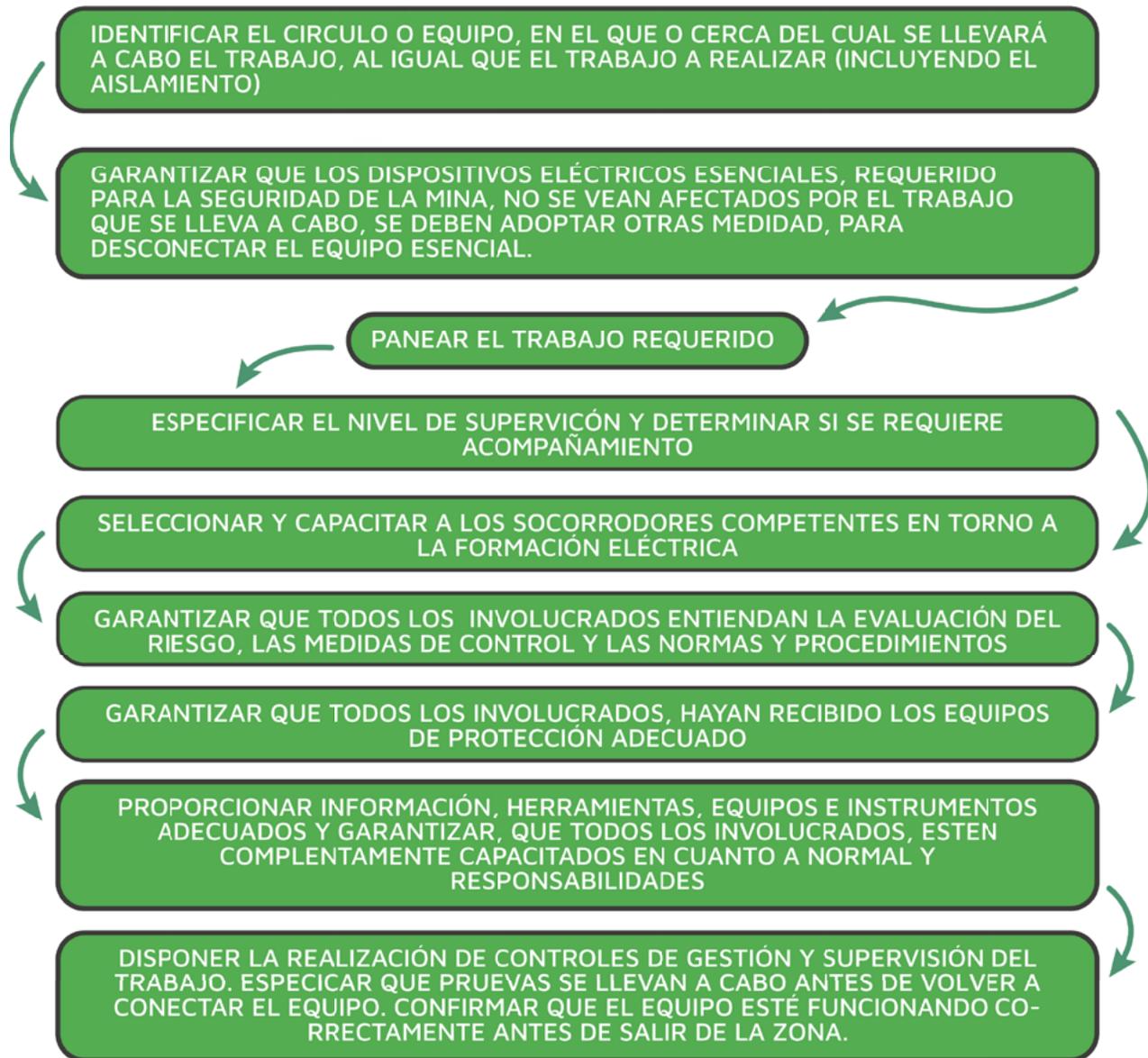
**Diagrama de flujo:**

Explicación del diagrama de flujo:

**Identificar el circuito o equipo en el que o cerca del cual se llevará a cabo el trabajo, al igual que el trabajo a realizar (incluyendo el aislamiento).**

Estas labores deben llevarse a cabo antes de comenzar el trabajo. Los factores que pueden afectar el sistema de trabajo seguro también deben tenerse en cuenta. En muchas ocasiones, será necesaria la identificación física real de los equipos o circuitos, que puede contar con la ayuda de dibujos, diagramas y otra información escrita

figura 14.13. Diagrama de flujo de trabajos eléctricos bajo tierra



*Fuente: Mines Rescue Service Ltda.*

**Garantizar que los dispositivos eléctricos esenciales requeridos para la seguridad de la mina no se vean afectados por el trabajo que se lleva a cabo.**

El buen funcionamiento y la efectividad de los equipos esenciales, tales como ventiladores y bombas, es de vital importancia para garantizar la seguridad de los mineros, el ambiente y la infraestructura de la mina.

Se deben adoptar otras medidas para desconectar los equipos esenciales, tales como el

suministro de equipos de sustituci3n o la evacuaci3n de aquellos afectados por el trabajo.

### **Planificar el trabajo**

Muchos accidentes el3ctricos se deben a una falta de planificaci3n. El proceso de planificaci3n debe incluir la gesti3n, supervisi3n, ejecuci3n y terminaci3n del trabajo, y debe tener como resultado un sistema formal de trabajo basado en la informaci3n en las reglas de seguridad y una evaluaci3n de riesgo espec3fica para la tarea. Se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El trabajo a realizar;
- Los peligros del sistema o de los equipos en los que se trabajará y los riesgos asociados a los trabajos, especialmente cerca de atm3sferas potencialmente explosivas;
- Los socorredores que llevan a cabo el trabajo, su competencia, y el nivel de supervisi3n necesaria;
- Las precauciones que deben adoptarse y el sistema de trabajo a utilizar;
- La posibilidad de que la naturaleza del trabajo cambie debido a las pruebas que puedan demostrar otras fallas o cambios en el ambiente de la mina.

Se deben mantener registros en planos o diagramas. No es prudente confiar únicamente en una fuente de informaci3n.

Los accidentes el3ctricos ocurren a menudo durante la b3squeda de fallas despu3s de una emergencia o una aver3a cuando el afán por reparar el equipo se traduce r3pidamente en asumir riesgos.

Para anticipar esto, se deben establecer planes para seguir los procedimientos

seguros de b3squeda de fallas que se pueden implementar durante una emergencia o aver3a. Adem3s, se requieren controles ambientales (metano) para garantizar que no exista un riesgo de ignici3n.

Especificar el nivel de supervisi3n y determinar si se requiere acompa'amiento.

Los socorredores deben tener formaci3n y experiencia espec3fica para realizar la tarea relacionada al riesgo electromecánico.

Las verificaciones de seguridad, tales como el monitoreo de las concentraciones de gases, deben ser responsabilidad de un miembro del grupo de salvamento minero asignado espec3ficamente a esta tarea y no alguien que est3 involucrado en el trabajo el3ctrico. El supervisor debe estar capacitado para reconocerlos peligros, para aislar las fuentes de energ3a y si es necesario, para proporcionar asistencia si se descubre una emergencia mayor.

Garantizar que todos los involucrados entiendan la evaluaci3n de riesgo, las medidas de control y las normas y procedimientos.

Garantizar que todos los involucrados hayan recibido los equipos de protecci3n adecuados.

Proporcionar informaci3n, herramientas, equipos e instrumentos adecuados y garantizar que todos los involucrados est3n completamente capacitados en cuanto a normas y responsabilidades.

Disponer la realizaci3n controles de gesti3n y supervisi3n del trabajo. Los socorredores deben seguir y cumplir con las evaluaciones

de riesgo, las medidas de control, las normas y los procedimientos. El equipo esté funcionando correctamente o esté aislado, que todos los protectores o cubiertas estén en su lugar y no haya conductores expuestos antes de abandonar el lugar de trabajo.

### Procedimientos seguros para la aplicación de las acciones o métodos para controlar el riesgo eléctrico y mecánico en la atención de emergencias mineras.

#### Riesgo eléctrico

Antes de proceder a desconectar la alimentación subterránea, el personal de salvamento de ANM tiene que plantear una serie de preguntas para definir la situación, entre las cuales se incluyen las siguientes:

1. ¿La desconexión de la alimentación subterránea causará que se detengan los ventiladores? Si es así, hay que asegurarse de que este cambio en la ventilación no ponga en peligro a los mineros, a los socorredores o provoque la acumulación de gases explosivos.
2. ¿La desconexión de la alimentación causará que se detenga el bombeo de agua? Si es así, hay que asegurarse de que la acumulación de agua en la mina no ponga en peligro a los mineros, a los socorredores o provoque un cambio en la ventilación, creando de esa forma otro peligro.
3. ¿La desconexión de la alimentación causará que se desconecten los dispositivos de comunicaciones o los equipos de monitoreo atmosférico que los socorredores necesitan?
4. ¿Existen otros riesgos asociados a la presencia o ausencia de energía eléctrica

o mecánica en la mina que deban ser mitigados? Una vez se conozca esta información, se debe realizar un análisis de riesgo para el ingreso a la mina y se debe crear un plan de mitigación para proteger a los socorredores. Si es necesario un trabajo eléctrico adicional, se deben seguir los siguientes procedimientos:

#### • Identificación

Se debe suministrar Información adecuada para identificar los equipos correctamente. Para la mayoría de los circuitos y equipos, el etiquetado adecuado es importante, pero nunca se debe suponer que el etiquetado es correcto y que el trabajo pueda comenzar sin primero demostrar que el equipo o el circuito no tiene tensión. Las instrucciones proporcionadas deben dar detalles acerca de cómo se debe completar la verificación (prueba) para determinar si un equipo o circuito está “sin tensión” y qué medidas se deben adoptar si no se aprueba la verificación. Figura 14.14

Figura 14.14. amperímetro de pinza, con multímetro incluido.



• **Desconexión**

Se deben desconectar los equipos de todas las fuentes de energía eléctrica antes de permitir que los socorredores trabajen en o cerca de cualquier parte que haya estado energizada o que sea posible que esté energizada. En equipos que puedan almacenar carga, tales como condensadores y cables de alta tensión, se debe comprobar que cualquier carga almacenada se haya descargado con seguridad. Si las baterías son parte de los equipos, es posible que se tengan que desconectar. Al igual que en el punto anterior, las instrucciones proporcionadas deben dar detalles acerca de cómo se debe completar la (prueba) y qué medidas se deben adoptar si no se aprueba.

• **Aislamiento seguro**

El dispositivo que se desconecta debe tener un aislamiento suficiente para los niveles de tensión presentes o que puedan producirse. Los diferentes interruptores tendrán diferentes formas de aislamiento,

• **Avisos**

Se debe colocar un aviso o etiqueta en el punto de desconexión para garantizar que todo el mundo sepa que se está llevando a cabo un trabajo en el circuito o equipo. Por ejemplo, se puede utilizar un aviso de ‘precaución’ para indicar que alguien está trabajando en el dispositivo y puede resultar lesionado si se vuelve a energizar, mientras que los avisos de “peligro” colocados en equipos energizados adyacente al lugar de trabajo indican que el Dispositivo todavía está conectado.

**Procedimientos adicionales para trabajos de alta tensión y con altas probabilidades de falla**

Estos procedimientos se deben aplicar en todas las circunstancias en las minas de carbón. **El personal de Salvamento Minero debe conocer los procedimientos de seguridad que deben ser utilizados para desconectar la energía de alta tensión y bloquearla, pero no se espera que el personal de ANM trabaje en el equipo. Si esto es necesario, se debe contratar a un electricista calificado.**

Para un mayor detalle, consultar lineamientos para la ejecución de las acciones de rescate en las labores mineras subterráneas y para realizar la formación del personal que integra el sistema nacional del salvamento minero. “vademécum”. Numeral 3.6.3. Pg. 537

*Figura 14.15. Sistema bloqueado y etiquetado*



## Riesgo mecánico

Normalmente los socorredores mineros no mueven máquinas o equipos, que no conocen de sus características particulares, por ser estas conexas al lugar de trabajo; sin embargo, ocasionalmente, será necesario aislar los equipos y remover los resguardos para un mejor acceso a las víctimas y mover o utilizar la maquinaria para acceder a las víctimas. Siempre y cuando se tenga el conocimiento práctico y seguro para realizar dicho movimiento con total seguridad.

Al quitar los resguardos, se ha de cumplir con las buenas prácticas de aislamiento y garantizar que la remoción de estos no aumente los riesgos para el personal de salvamento.

Competencias prácticas adicionales para el manejo de accidentes por riesgo mecánicos, incluyen:

- Bolsas neumáticas; de diferente tamaño y presión.
- Kit de “mandíbulas de vida” para tirar, levantar, extender y cortar.
- Manejo del dolor.
- Kit de amputación.

Siempre es preferible, eliminar el riesgo que amenaza al minero herido, ya que esto protegerá al rescatista. En el entorno minero subterráneo, No siempre es posible, en especial durante acciones de emergencia. Por lo tanto, la única opción posible para el rescatista, es realizar el traslado de la víctima lo más pronto posible a un lugar donde pueda recibir ayuda adicional por un especialista.

## 14.7 EQUIPOS Y MEDIOS UTILIZADOS PARA LA ATENCIÓN DE LA EMERGENCIA

Los siguientes equipos son adicionales al kit estándar que los socorredores llevan con ellos o tienen a su disposición.

### Para la atención de emergencias por problemas eléctricos.

1. Uno de los siguientes probadores de baja tensión

Detectores de tensión de dos polos, lámparas de prueba o voltímetros con sondas aisladas y cables con fusibles.

2. Para tensiones elevadas (más de 1.000 voltios)

Verificadores de tensión específicos (corriente alterna de 150 voltios o más). Indicadores LED simples en los que una luz LED parpadea dos veces por segundo para indicar que el verificador está cargado y no está detectando tensión activa. Las luces LED se prenden de forma continua tras la detección de una tensión directa.

3. Barreras físicas no conductoras si es necesario para el aislamiento.

4. Avisos de peligro y bloqueo y etiquetado.

5. Guantes de alta tensión.

6. Pértiga no conductora.

**Para la atención de emergencias por problemas mecánicos:**

1. Bolsas neumáticas; de diferente tamaño y presión.
2. Cadena.
3. Extintor de incendios.
4. Expansor hidráulico.
5. Cortador hidráulico.
6. Mangueras hidráulicas, acoples.
7. Bomba hidráulica de mano.
8. Caja de herramientas.
9. sistema de rescate. Camilla Sked.
10. Camilla rígida, con inmovilizadores, férulas, cobijas, collarín.
11. resucitador carent vent, Ambu;
12. equipo trauma primeros auxilios.
13. primeros auxilios personales.
14. Multidetector de gases.

**TEST DE RETROALIMENTACION**

1. Explique el origen de los riesgos electromecánicos.
2. ¿Cómo prevenir los riesgos electromecánicos?
3. ¿Qué consideraciones generales a tener en cuenta durante las acciones de salvamento por accidentes electromecánicos?
4. Explique las reglas de oro de la electricidad.
5. Explique como rescatar a una persona energizada, en suelo mojado.

CAPÍTULO

15

**ACCIDENTES POR  
CAÍDAS A DIFERENTE  
NIVEL Y TRABAJO EN  
ALTURAS EN MINAS  
SUBTERRÁNEAS**

## ACCIDENTES POR CAÍDAS A DIFERENTE NIVEL Y TRABAJO EN ALTURAS EN MINAS SUBTERRÁNEAS

Por las diversas actividades y características de las minas, se puede tener el riesgo de caídas no solamente en labores subterráneas sino también en las instalaciones de superficie de la mina, por lo que es necesario tener el conocimiento básico sobre las causas, consecuencia y medidas de prevención para disminuir la probabilidad de la ocurrencia de un accidente, así como los aspectos a tener en cuenta en caso de requerirse un rescate.

### 15.1 DEFINICIÓN

Las caídas a diferente nivel son los accidentes donde el trabajador se precipita al vacío ya sea en caída libre vertical o al rodar sin control por una superficie lo suficientemente inclinada como por ejemplo en tambores, chimeneas, inclinados entre otros.

### 15.2 CAUSAS DE CAÍDAS A DIFERENTE NIVEL

Las causas pueden estar relacionadas con los factores personales del trabajador y con las fallas en la elaboración e implementación del Sistema de Gestión para la Seguridad y Salud en el Trabajo. En las siguientes tablas se enuncian algunas causas relacionadas con los factores enunciados anteriormente.

#### - Factores personales

Tabla 15.1. Causas relacionadas con factores personales

CAUSA	DESCRIPCIÓN
FALTA DE PERCEPCIÓN DEL RIESGO	La persona piensa que un accidente nunca va a ocurrir y hace su labor sin tomar las medidas mínimas de prevención.
EXCESO DE CONFIANZA	El trabajador por el tiempo que lleva laborando en la mina y en muchos casos haciendo una misma tarea, se acostumbra a vivir con el riesgo y cree que si no se ha accidentado en mucho tiempo nunca le va a ocurrir, Por ejemplo, transitar por vías inclinadas, tambores o hacer maniobras en tolvas sin la debida protección contra una posible caída.

CAUSA	DESCRIPCIÓN
ACTITUDES OSADAS O TEMERARIAS	Aún conociendo el riesgo y sus consecuencias, el trabajador realiza maniobras que pueden generar una caída. Por ejemplo, saltar de un lugar a otro en un sitio donde existe el riesgo de caída, en lugar de desplazarse por un sitio seguro para evitar dicho salto.
PROBLEMAS FAMILIARES O PERSONALES	El trabajador puede tener situaciones familiares que al realizar el trabajo lo distraen y que no se puede concentrar en lo que hace perdiendo el control de riesgos.
INCUMPLIMIENTO DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS	Situaciones en la que el trabajador a pesar de haber recibido capacitación y tener el conocimiento de normas y procedimientos para el trabajo seguro, las incumple pensando que no son necesarias. Por ejemplo, no acatar lo indicado en la señalización existente en sitios con riesgos de caída.

### - Fallas en la implementación del SG-SST

**Tabla 15.2. Causas relacionadas con fallas en la implementación del SG-SST**

CAUSAS	DESCRIPCIÓN
FALTA DE PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO SEGURO	Cuando en la empresa no se han elaborado los documentos soporte para realizar las tareas incluyendo la gestión de riesgos como procedimientos, protocolos, formatos entre otros. Por ejemplo, falta de formato para permiso de trabajo en alturas.
DEFICIENCIAS EN CAPACITACIÓN	Cuando existe el riesgo de caídas, el trabajador no ha sido capacitado y entrenado para realizar su tarea o dicha capacitación no ha sido efectiva. Por ejemplo, trabajo en tambores.
FALTA DE PLANEACIÓN DEL TRABAJO	No se ha hecho un plan de trabajo donde se definan los roles del trabajador, la gestión de los riesgos y demás aspectos para realizar una tarea con seguridad. Por ejemplo, colocación del sostenimiento en vías con inclinación mayor a 45°.
AUSENCIA O GESTIÓN INADECUADA DE RIESGOS	En muchos casos se identifica los peligros y se valoran los riesgos, pero NO se implementan los controles para mitigar dichos riesgos o dichos controles NO son efectivos.

CAUSAS	DESCRIPCIÓN
FALTA DE INSTALACIONES DE SEÑALIZACIÓN O BARRERAS PARA PREVENIR CAÍDAS	NO se indica mediante señales de advertencia el peligro de caída o no se realizan adecuaciones para prevenir caídas. Por ejemplo, no se construyen barandas alrededor de la conexión de una labor muy inclinada o vertical con otra horizontal donde existiera riesgo de caída.
NO DISPONER DE ELEMENTOS ADECUADOS PARA DETENCIÓN DE CAÍDAS	No se cuenta con los elementos diseñados y certificados para ser usados en tareas que tienen riesgo de caídas a diferente nivel. Por ejemplo, usar manilas convencionales y en mal estado para hacer trabajos en altura sin la debida inspección y certificación.
INCUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS LEGALES O CORPORATIVAS	Se desconocen o no se cumplen los requerimientos legales o de empresa establecidos para trabajar en sitios con riesgo de caídas. Por ejemplo, hacer trabajo en alturas sin la certificación, incumplimiento de reglas específicas de la empresa para prevenir la ocurrencia de accidentes por caídas a diferente nivel.

### 15.3 PELIGROS Y RIESGOS POR CAÍDAS A DIFERENTE NIVEL

En la operación minera se presenten diferentes fuentes o situaciones que combinadas con la exposición al riesgo pueden ocasionar accidentes lesionando a las personas que ejecutan la tarea. En la siguiente tabla se relacionan las principales actividades, el riesgo que generan y la consecuencia en la persona por una caída a diferente nivel.

*Tabla 15.3. Peligros y riesgos por caídas a diferente nivel*

ACTIVIDAD	RIESGO	CONSECUENCIA
TRABAJO EN TOLVAS Y SILOS	Caída, atrapamiento entre la carga,	Golpes, fracturas, asfixia, muerte.
REPARACIÓN O CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA	Caída, suspensión incontrolada de personas con los elementos de protección contra caídas,	Golpes, fracturas, muerte, afectaciones a la salud por falta de circulación de la sangre y daños en órganos por presión directa de los elementos de protección contra caídas.
EJECUCIÓN DE TRABAJOS EN VÍAS MUY INCLINADAS, TAMBORES, CHIMENEAS.	Caída, rodada del trabajador.	Golpes, fracturas, muerte.

ACTIVIDAD	RIESGO	CONSECUENCIA
TRÁNSITO DE PERSONAS EN LAS DIFERENTES ÁREAS DE LA MINA	Caída, rodada del trabajador.	Golpes, fracturas, muerte
REALIZACIÓN DE INSPECCIONES EN SITIOS CON RIESGO DE CAÍDAS	Caída, rodada del trabajador.	Golpes, fracturas, muerte
ACTIVIDADES DE RESCATE EN INCLINADOS, TOLVAS, TAMBORES, CHIMENEAS, POZOS.	Caída, rodada del trabajador, suspensión incontrolada del trabajador con elementos de protección contra caídas,	Golpes, fracturas, muerte, afectaciones a la salud por falta de circulación de la sangre y daños en órganos por presión directa de los elementos de protección contra caídas.

#### 15.4 MEDIDAS DE PREVENCIÓN CONTRA CAÍDAS A DIFERENTE NIVEL

La gestión del riesgo siempre debe establecer todas las medidas tanto físicas como administrativas para prevenir la ocurrencia de accidentes y prevenir caídas a diferente nivel no podría ser la excepción dada la alta probabilidad que tiene esta causa de desencadenar en un accidente grave o fatal. En las siguientes tablas se relacionan las principales medidas a implementar.

##### -Medidas administrativas

Tabla 15.4. Medidas administrativas

MEDIDA A IMPLEMENTAR	DESCRIPCIÓN
IMPLEMENTAR HERRAMIENTAS PARA GESTIÓN DEL RIESGO.	AST (Análisis seguro de la tarea), PT (Permiso de trabajo para trabajos de alto riesgo), Inspecciones, DDS (Diálogo diario de seguridad). Las anteriores herramientas se deben aplicar todos los días en los diferentes lugares de trabajo de la mina.
ELABORAR E IMPLEMENTAR DOCUMENTOS PARA EL TRABAJO SEGURO	Mediante documentos escritos establecer la forma de hacer las tareas en forma segura, especialmente las críticas, incluyendo los riesgos que se puedan presentar. Estos documentos pueden ser procedimientos, instructivos, estándares, listas de chequeo entre otros.

<b>MEDIDA A IMPLEMENTAR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
CAPACITACIÓN	Realizar actividades de capacitación para la prevención de accidentes incluyendo el riesgo de caídas a diferente nivel.
CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS LEGALES	Asegurar que las personas que están expuestas al riesgo de caídas a diferente nivel en la ejecución de tareas propias de su cargo, estén certificadas en el curso avanzado para trabajo en alturas, según la resolución 1409 de 2012.
INSPECCIONES DE SEGURIDAD	Planear y realizar inspecciones periódicas a los lugares de trabajo donde previamente se haya establecido el riesgo de caídas, establecer desviaciones y hacer la gestión para corregirlas.

**- Medidas físicas**

**TABLA 15.5. MEDIDAS FÍSICAS.**

<b>MEDIDA A IMPLEMENTAR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
INSTALAR BARRERAS PARA LA PREVENCIÓN DE CAÍDAS A DIFERENTE NIVEL	En los lugares de la mina donde exista el riesgo de caídas a diferente nivel y de acuerdo con las actividades que se realicen, construir barreras o pasarelas que impidan una caída. Por ejemplo, en los pozos de descargue de mineral dentro de la mina o en tolvas en superficie
INSTALAR LÍNEAS DE VIDA CON SUS RESPECTIVOS ANCLAJES	Realizar su instalación en aquellos lugares donde se requiera realizar trabajos con alto riesgo de caídas y sea necesario usar elementos de protección contra caídas.
SEÑALIZACIÓN	Elaborar e instalar señales informando sobre los riesgos de caídas en los puntos de la mina donde sea necesario. Por ejemplo, en la intersección de vías horizontales con inclinados, pozos, chimeneas, tambores etc.

MEDIDA A IMPLEMENTAR	DESCRIPCIÓN
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS	Adquirir los elementos debidamente certificados y necesarios para que el trabajador los use cuando esté realizando trabajos en alturas o trabajos que representen riesgo de caídas. Por ejemplo, arneses, eslingas, cuerdas entre otros.

## 15.5 TRABAJO EN ALTURAS

De acuerdo con la ley colombiana, trabajo en alturas se considera toda actividad en la que exista el riesgo de caer a 1,5 metros o más sobre un nivel inferior. Son actividades consideradas de alto riesgo puesto que, si llegare a ocurrir un accidente, se tiene alta probabilidad de que sea grave o fatal. En el país los trabajos en alturas están reglamentados en la resolución 1409 de 2012 emitida por el Ministerio del Trabajo y su objetivo es prevenir la ocurrencia de accidentes por caídas a diferente nivel. A continuación, los aspectos más relevantes de la citada resolución.

### 15.5.1 OBLIGATORIEDAD

#### Obligaciones del empleador (Empresario Minero)

- Elaborar e implementar el programa de protección contra caídas
- Garantizar el suministro de equipos, la capacitación y el reentrenamiento para trabajos en alturas a los trabajadores.
- Garantizar el programa de entrenamiento a todo trabajador que se vaya a exponer al riesgo de trabajo en alturas.
- Asegurar que todos los equipos y elementos para trabajos en alturas cumplan con los estándares de calidad y seguridad.

- Asegurar que los trabajadores que realizarán trabajos en alturas no tengan problemas de salud que impidan su desempeño o pongan en riesgo la salud o la vida.

333

#### Obligaciones del trabajador

- Asistir a las capacitaciones programadas por el empleador y aprobar satisfactoriamente las evaluaciones, así como asistir a los reentrenamientos.
- Cumplir todos los procedimientos de salud y seguridad en el trabajo establecidos por el empleador.
- Informar al empleador sobre cualquier condición de salud que le pueda generar restricciones, antes de realizar cualquier tipo de trabajo en alturas.
- Utilizar las medidas de prevención y protección contra caídas que sean implementadas por el empleador.
- Reportar al coordinador de trabajo en alturas el deterioro o daño de los sistemas individuales o colectivos de prevención y protección contra caídas.
- Participar en la elaboración y el diligenciamiento del permiso de trabajo en alturas, así como acatar las disposiciones del mismo.

### 15.5.2 CAPACITACIÓN

Las personas que realizan trabajos en

alturas, deberán realizar el curso de capacitación de acuerdo con su tarea y condiciones de lugar, esta capacitación deberá ser certificada por el Ministerio de Trabajo o la entidad que autorice. En la siguiente tabla se relacionan los diferentes cursos a nivel operativo.

*Tabla 15.6. Diferentes cursos a nivel operativo*

CURSO	DESCRIPCIÓN
NIVEL BÁSICO	Tiene una duración de 8 horas, teórico-práctico, lo deben realizar los trabajadores que tengan riesgos de caída pero que tengan formas de acceso seguro como escaleras y plataformas con barandas, escaleras portátiles, plataformas portátiles, canastillas o similares. Los aspirantes deberán estar en óptimas condiciones de salud las cuales deben ser certificadas por un médico.
NIVEL AVANZADO	Tiene una duración de 40 horas, teórico práctico, lo deben realizar trabajadores que realicen desplazamientos horizontales y verticales por las estructuras que incluyan técnicas de suspensión, que usen equipos y elementos de protección contra caídas, sistema de anclaje portátiles. Los aspirantes deberán está en óptimas condiciones de salud debidamente certificadas por un médico.
COORDINADOR DE ALTURAS	Tiene una duración de 80 horas, dirigida a la persona encargada de hacer inspección anual de equipos, inspeccionar el área donde se realizará el trabajo en alturas, autorizar el permiso de trabajo en alturas y apoyar la elaboración del plan de rescate en alturas.

### 15.5.3 SISTEMAS DE INGENIERÍA PARA PREVENCIÓN DE CAÍDAS

Se refiere a los sistemas relacionados con el diseño, construcción, instalación, reformas, montajes y puesta en funcionamiento de la infraestructura y equipos de la mina que pretendan eliminar o mitigar el riesgo de caídas, evitando que el trabajador realice trabajos en alturas, evitando la subida o minimizando el tiempo de exposición, por ejemplo, plataformas de trabajo, plataformas de inspección, escaleras fijas con barandas, entre otros. En la siguiente figura se observa un ejemplo de un sistema de ingeniería donde se

ha construido una escalera para acceder a la parte alta de un tanque.

**Figura 15.1 Tanque con escalera para inspección**



#### 15.5.4 SISTEMAS DE ACCESO PARA TRABAJO EN ALTURAS

Son equipos y estructuras destinados a proteger al trabajador contra caídas cuando realiza trabajos en alturas como: Andamios, escaleras, elevadores de personal, grúas con canastas entre otros. Todos los elementos enunciados anteriormente deben ser certificados por el fabricante, inspeccionados periódicamente, usados según las necesidades establecidas en el plan de trabajo, y tener su hoja de vida propia. En las siguientes figuras se observan algunos ejemplos.

**Figura 15.2 Elevador de personas**



**Figura 15.3 Andamio Certificado tubular**



335

**Figura 15.4 Escalera certificada**



Figura 15.5 Grúa con canasta elevadora



Figura 15.6 Escalera tipo avión



### 15.5.5 MEDIDAS ACTIVAS DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS

Son las que incluyen la participación directa del trabajador para su uso, se componen de: Puntos de anclaje, mecanismos de anclaje, conectores, soporte corporal y conectores.

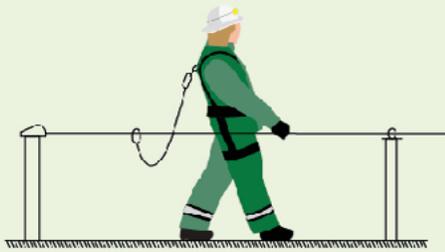
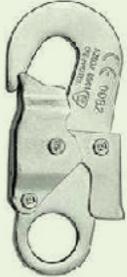
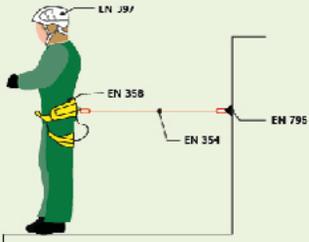
Todos los elementos de protección contra caídas deben ser inspeccionados antes de cada uso por parte del trabajador, deben tener una resistencia mínima de 5.000 libras y deben ser certificados de acuerdo con las normas nacionales e internacionales. Si al momento de la inspección presentan algún defecto como ruptura del material (hilos rotos), evidencia de deformaciones, contaminación con elementos químicos o alguna otra anomalía, deberán ser rechazados y no serán usados por ningún motivo. Por su importancia en la siguiente sección se verán en detalle.

### 15.6 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN CONTRA CAÍDAS

En la siguiente tabla se relacionan los elementos que usan según sea el caso los trabajadores que realizan trabajos en suspensión como ascensos, descensos y desplazamientos horizontales durante la ejecución de una tarea.

Tabla 15.7. Elementos de protección contra caídas

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
PUNTO DE ANCLAJE	Elemento fijo anclado a una estructura que se utiliza para sostener las líneas de vida	

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
LÍNEA DE VIDA HORIZONTAL	Son puntos de acoplamiento seguro para conectores cuando estos no se pueden conectar directamente a una estructura. Son hechas con acero con alma de acero o materiales sintéticos certificados.	
LÍNEA DE VIDA VERTICAL	Son sistemas con cables de acero, cuerdas sintéticas, rieles u otros que, debidamente anclados a un punto superior a la labor, protegen al trabajador en su desplazamiento vertical ascenso o descenso.	
GANCHOS DE SEGURIDAD	Elemento que tiene un sistema e cierre de doble seguridad para impedir su apertura involuntaria, están provistos de una argolla u ojo y permiten unir el arnés al punto de anclaje.	
MOSQUETONES	Tienen cierre de bloqueo automático, son hechos en acero y sirven para conectar en forma rápida y reversible otros elementos.	
CONECTORES PARA RESTRICCIÓN DE CAIDAS	Su función es asegurar al trabajador a un punto de anclaje sin permitir que este se acerque a un borde desprotegido para una caída.	

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN GRÁFICA
<p><b>CONECTORES DE POSICIONAMIENTO</b></p>	<p>Permiten asegurar a un trabajador para que realice su tarea evitando que su caída libre exceda 60 centímetros.</p>	
<p><b>CONECTORES CON ABSORBEDOR DE ENERGÍA</b></p>	<p>Incorporan un sistema absorbedor de energía que disminuye el efecto del impacto ante una caída minimizando las lesiones que pueda sufrir. Permiten una caída libre de máximo 1,80 metros. También se conocen como eslingas</p>	
<p><b>CONECTORES PARA TRÁNSITO VERTICAL (FRENOS).</b></p>	<p>Elemento que se usa para controlar el ascenso o descenso del trabajador, va directamente conectado al arnés y a la línea de vida.</p>	
<p><b>ARNÉS DE CUERPO ENTERO</b></p>	<p>Están hechos de fibras sintéticas de alta resistencia, su correa se ajusta al tronco y las piernas del trabajador y es el elemento que normalmente se conecta directamente a las líneas de vida.</p>	
<p><b>CUERDAS</b></p>	<p>Están hechas con fibras sintéticas de alta resistencia, se usan como líneas de vida o para actividades de rescate como arrastre de camillas, por ejemplo.</p>	

## 15.7 ATENCIÓN DE EMERGENCIAS POR CAÍDAS A DIFERENTE NIVEL

En la siguiente tabla se describen los aspectos más relevantes para organizar una acción de salvamento cuándo tenemos un evento por caídas a diferente nivel, iniciando desde la conformación del Sistema Comando de Incidentes en la Mina.

**Tabla 15.8. Atención de emergencias por caídas a diferente nivel**

ASPECTO	DESCRIPCIÓN
ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA COMANDO DE INCIDENTES SCI	De acuerdo con la información inicial y demás aspectos relacionados con el evento se debe organizar el SCI.
INFORMACIÓN INICIAL SOBRE LO SUCEDIDO	Se debe solicitar información a todas las personas que se considere necesario como personas que estaban en el lugar del evento, supervisor, empresario minero, sobre lo que ocurrió preguntando donde, como y a qué hora ocurrió, cuantas personas están involucradas, descripción del sitio, que acciones se han adelantado, entre otras.
EVALUACIÓN DE RIESGOS	Una vez se tiene la información se ingresa a la mina y se evalúan los riesgos existentes, se determinan las condiciones del lugar donde ocurrió el evento para con base en esto elaborar el plan de rescate.
ELABORACIÓN DEL PLAN DE RESCATE	Se elabora el plan de rescate teniendo en cuenta lo siguiente. <ul style="list-style-type: none"> <li>- La evaluación de riesgos y las medidas necesarias para controlarlo.</li> <li>- La forma más rápida y segura de rescatar a los involucrados</li> <li>- La selección o instalación de los puntos de anclaje necesarios y suficientemente seguros y resistentes.</li> <li>- La selección e inspección de los elementos de protección individual contra caídas.</li> <li>- Verificación de condiciones de salud y certificación para trabajo en alturas de los socorredores.</li> <li>- Los medios de comunicación entre los socorredores con el supervisor del trabajo dentro de la mina y con superficie.</li> </ul>

ASPECTO	DESCRIPCIÓN
ELABORACIÓN DEL PLAN DE RESCATE DE LAS PERSONAS QUE REALIZAN TRABAJO EN ALTURAS	Para prestar una ayuda oportuna ante una eventualidad que se llegare a presentar durante el descenso o ascenso a los socorredores que realizan el rescate, es necesario preparar el plan de respuesta inmediata, ya sea para un auto rescate o con la ayuda de otras personas.
ATENCIÓN PRE HOSPITALARIA APH	Una vez se haga contacto con las personas accidentadas, se debe realizar la atención pre hospitalaria necesaria.
RESCATE	Cuando se considere que la APH es suficiente se procede a realizar el rescate utilizando los equipos para trabajo en alturas requeridos y la camilla adecuada según sea el caso, en lo posible una camilla tipo canasta.
ACCIONES FINALES	En el momento que las personas rescatadas estén en superficie, se procede a entregarlas al personal médico para su valoración, si hay fallecidos la autoridad competente hará sus respectivas diligencias, se recogen los elementos y equipos utilizados, se realiza el acta de atención de emergencia y posteriormente se elaborará el informe de la misma.

### **15.8 EQUIPOS Y ELEMENTOS UTILIZADOS PARA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS POR CAÍDAS A DIFERENTE NIVEL**

Los principales elementos utilizados son los indicados en el numeral 16.6 de este capítulo, además de las ayudas mecánicas como poleas y otras que se llegaren a requerir los cuales deberán ser debidamente avalados por una persona que tenga el suficiente conocimiento para su uso.

## TEST DE RETROALIMENTACION

1. Enumere y describa cuales son los factores o causas de las caídas a diferente nivel.
2. Indique las actividades y lugares de la mina donde existen los riesgos de caídas a diferente nivel.
3. ¿Cuáles son las medidas físicas para prevenir las caídas cuando se realizan trabajos en alturas?
4. ¿Qué requisito legal se debe cumplir para hacer trabajos en alturas y cuáles son los cursos que establece la norma como necesarios para ser certificado para trabajar en alturas?
5. Enumere los elementos de protección contra caídas que se usan cuando se realizan trabajos en alturas.

# Referencias Bibliográficas

Agencia Nacional de Minería (2020). Vademécum de Salvamento Minero, Bogotá, Colombia: Recuperado de [https://www.anm.gov.co/?q=vademecum\\_salvamento\\_minero](https://www.anm.gov.co/?q=vademecum_salvamento_minero).

Agencia Nacional de Minería (2020). Vademécum de Salvamento Minero, Estándares de Competencia, Bogotá, Colombia: Recuperado de [https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/2.\\_estandares\\_de\\_competencia.pdf](https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/2._estandares_de_competencia.pdf)

Agencia Nacional de Minería (2020). Vademécum de Salvamento Minero, Instructivo de Atención Pre Hospitalaria en Emergencias Mineras (APH) , Bogotá, Colombia: Recuperado de <https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/Instructivo-APH.pdf>

Agencia Nacional de Minería (2020). Vademécum de Salvamento Minero, Lineamientos para ejecutar operaciones de salvamento minero en minas subterráneas, Bogotá, Colombia: Recuperado de [https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/3.\\_lineamientos.pdf](https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/3._lineamientos.pdf)

Agencia Nacional de Minería (2020). Manual PSS BG4Plus, Bogotá, Colombia: Recuperado de [https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/manual\\_pss\\_bg4\\_plus\\_espanol.pdf](https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/manual_pss_bg4_plus_espanol.pdf)

Agencia Nacional de Minería (2020). Protocolo para la atención de emergencias mineras, Bogotá, Colombia: Recuperado de [http://www.anm.gov.co/?q=protocolos\\_para\\_atencion\\_emergencias](http://www.anm.gov.co/?q=protocolos_para_atencion_emergencias)

Agencia Nacional de Minería (2020). Plan de emergencias, Bogotá, Colombia: Recuperado de [https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/apo5-pl-001\\_v1.pdf](https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/apo5-pl-001_v1.pdf)

Agencia Nacional de Minería (2020). Sistema de Comando de Incidentes (SCI), Bogotá, Colombia: Recuperado de [https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/sci\\_edgyflores.pdf](https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/sci_edgyflores.pdf)

Agüero Castillo, E. A., & Canihuante Salinas, W. A. (2018). Ventilación Auxiliar Automatizada en Minería Subterránea.

Cabello Robles, O. L. (2018). Guía de criterios geomecánico en minería subterránea como herramienta para la prevención de accidentes fatales por caída de roca.

CHARRIS, T. (2006). Fundamentos de ventilación en labores subterráneas. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.

Clavijo, J. A. (2016). Monitoreo de gases en minería. Instrumentación especializada higiene y seguridad, 1-32.

Decreto 1886. Por el cual se establece el Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas, Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia, Bogotá, 21 de septiembre de 2011.

Decreto 1072. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, Ministerio del Trabajo, República de Colombia, Bogotá, 26 de mayo de 2015.

Decreto 2222. Por el cual se expide el Reglamento de Higiene y Seguridad en las Labores Mineras a Cielo Abierto, Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia, Bogotá, 5 de noviembre de 1993.

Decreto Ley 4134. Por el cual se crea la Agencia Nacional de Minería, ANM, se determina su objetivo y estructura orgánica, Agencia Nacional de Minería, República de Colombia, Bogotá, 3 de noviembre de 2011.

Díaz Aguado, M. B. (2006). Carga, transporte y extracción en minería subterránea, Editorial: Septem Ediciones. Recuperado de <http://site.ebrary.com/lib/bibliotecafuaasp/docDetail.action?docID=10131506&p00=sostenimiento%20minas>

Drager, P. S. S. (2013). BG 4 plus.

Energía, M. D. (2013). Reglamento técnico de instalaciones eléctricas-RETIE.

González Palacio, C., Ariznavarreta Fernández, F. & Álvarez Vigil, A. (2006) Sostenimiento de excavaciones subterráneas y su interacción con el fuego. Ediuno - Universidad de Oviedo. Recuperado de <http://site.ebrary.com/lib/bibliotecafuaasp/docDetail.action?docID=10128260&p00=sostenimiento%20minas>

Hartman, H. L. (1992). SME mining engineering handbook (Vol. 2). S. G. Britton, J. M. Mutmanský, D. W. Gentry, W. J. Schlitt, M. Karmis, & M. M. Singh (Eds.). Denver: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.

Herrera, E. C., Montes, A. B., & Escobar, J. M. M. (2014). Evaluación de parámetros para determinar el grado de explosividad del polvo de carbón. Boletín de Ciencias de la Tierra, (36), 42-54.

Hoek, E., Kaiser, P. K., & Bawden, W. F. (2000). Support of underground excavations in hard rock. CRC Press.

Hustrulid, W. A., Hustrulid, W. A., Bullock, R. L., & Bullock, R. C. (Eds.). (2001). Underground mining methods: Engineering fundamentals and international case studies. SME.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2002). Código Eléctrico Colombiano: Norma técnica colombiana NTC 2050: NTC 2050 (1998). Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. ICONTEC.

Lehnen, F., Martens, P. N., & Rattmann, L. (2013). Evaluation of European Mine Rescue and Its Need for Internationalisation. In 4th International Symposium on Mineral Resources and Mine Development (pp. 175-186).

Ley 685. Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones, Congreso de la Republica de Colombia, Bogotá. 15 de agosto de 2001.

López Dávila, H. A. (2016). Diseño de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional basado en la norma OHSAS 18001 para controlar peligros y riesgos en la concesión Minera Cápac-Tarma.

Macuda, J., & Łukańko, Ł. (2017). Monitoring of explosive gases with a portable gas detector Drager X-am 5600. *AGH Drilling, Oil, Gas*, 34(2).

Martínez Castilla, Z. (2003). Guías prácticas para situaciones específicas: manejo de riesgos y preparación para respuestas a emergencias mineras. CEPAL.

Molina-Escobar, J. M., & Blandón, A. (2014). Evidencias del choque térmico en partículas de polvo después de una explosión en minería de carbón. *Ingeniería y Competitividad*, 16(2), 23-33.

Moreno Chacón, N. (2011). Modelo de un programa de seguridad e higiene para la minería subterránea del carbón en Colombia.

Nugent, G., Devlin, S., Grieves, J., Cliff, D., & Brady, D. (2010). *Mines rescue guidelines: the next generation*.

Orellana Mendoza, E. E. (2016). Influencia de la calidad del macizo rocoso en accidentes por caída de rocas en minas subterráneas.

Quiceno, C. C. C., & Escobar, J. M. M. (2011). Caracterización de sistemas de ventilación en minería subterránea. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (29), 73-85.

Ramírez, P., de la Cuadra, L., Lain, R., & Grijalbo, E. (1991). *Mecánica de rocas aplicada a la minería metálica subterránea*. Instituto Geológico y Minero de España.

Resolución 40129. Grupos Internos de Trabajo al interior del Ministerio de Minas y Energía y se dictan otras disposiciones, Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia, Bogotá 30 de enero de 2015.

Torrent, J. G., Aragón, E. Q., & Ramón, C. F. (2007). Nuevas soluciones para atmósferas explosivas en minería. *Canteras y explotaciones*, (478), 30-47.

Valero, M. V., Renedo, M. G., & Beltrán, J. M. G. (2007). *Profesionales de la psicología ante el desastre (Vol. 7)*. Publicacions de la Universitat Jaume I.

